U d'/of OTTAWA
39003010626496
QE
185
.A16
V.965
1908

CANADA
MINISTÈRE DES MINES
DIVISION DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE
L'HON. W. TEMPLEMAN, MINISTRE ; A. P. LOW, SOUS-MINISTRE ;
R. W. BROCK, DIRECTEUR INTÉRIMAIRE.

RAPPORT

SUR

L'ORIGINE, LES RELATIONS ET LA COMPOSITION GÉOLOGIQUES

DES

GISEMENTS DE NICKEL ET DE CUIVRE

DE LA

RÉGION MINIÈRE DE SUDBURY

PAR

ALFRED ERNEST BARLOW, M.A., D.Sc.

(Deuxième Edition.)

OTTAWA
IMPRIMÉ PAR S. E. DAWSON, IMPRIMEUR DE SA TRÈS EXCELLENTE
MAJESTÉ LE ROI
1908

(No. 965.)

CANADA
MINISTÈRE DES MINES
DIVISION DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE
L'HON. W. TEMPLEMAN, MINISTRE ; A. P. LOW, SOUS-MINISTRE ;
R. W. BROCK, DIRECTEUR INTÉRIMAIRE.

RAPPORT

SUR

L'ORIGINE, LES RELATIONS ET LA COMPOSITION GÉOLOGIQUES

DES

GISEMENTS DE NICKEL ET DE CUIVRE

DE LA

RÉGION MINIÈRE DE SUDBURY

UNIVERSITAS SCIENTIAE OTTAVIENSIS
ANNEXE DE LA BIBLIOTHÈQUE
uOttawa
LIBRARY ANNEX

PAR

ALFRED ERNEST BARLOW, M.A., D.Sc.

(Deuxième Edition.)

OTTAWA
IMPRIMÉ PAR S. E. DAWSON, IMPRIMEUR DE SA TRÈS EXCELLENTE
MAJESTÉ LE ROI
1908

(No. 965.)

ANNEXE DE LA BIBLIOTHÈQUE
uOttawa
LIBRARY ANNEX

QE
185
.A16
v.965
1908

A Mr A. P. Low,

Directeur de la Commission Géologique
du Canada.

Monsieur,—J'ai l'honneur de vous transmettre ci-joint la deuxième édition de mon rapport sur l'origine, les relations et la composition géologiques des gisements de nickel et de cuivre de Sudbury, Ontario. Ce rapport contient aussi une étude succincte de la nature et de l'importance de tous les gisements de nickel considérables du monde, avec un état de leur production et une description des méthodes employées pour la fusion et pour le raffinage. J'ai donné aussi des détails sur les opérations d'extraction, de fusion et de raffinage qui sont pratiquées à Sudbury, ainsi que des tableaux statistiques complets de la production, des prix, de l'emploi et de la composition du nickel qu'on trouve dans le commerce. Je crois que ce rapport réunira en un seul volume toutes les études critiques originales les plus précieuses et les mieux documentées qui existent à l'égard de ces gisements immenses et apparemment inépuisables.

Le Canada a fini par se rendre compte de l'importance et de la valeur réelles de ces mines et a conquis la place à laquelle il a droit, et qu'il doit garder, celle de plus grand producteur de nickel du monde.

J'ai l'honneur d'être, monsieur,

Votre obéissant serviteur,

ALFRED ERNEST BARLOW.

Commission Géologique du Canada,
Ottawa, 1906.

Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/rapportsurlorigi00barl

LES GISEMENTS DE NICKEL ET DE CUIVRE DE SUDBURY, ONTARIO.

PAR

ALFRED ERNEST BARLOW, M.A., D.Sc.

INTRODUCTION.

L'intervalle de quinze années écoulé depuis la publication du premier rapport officiel et détaillé relatif à ces fameux gîtes de minerais (1) ainsi que la recrudescence d'intérêt et d'activité dans l'exploitation du nickel, nous ont fait supposer que le moment était venu de tenter encore une fois d'en arriver à une compréhension plus exacte et plus complète de la nature exacte et de l'importance de ces gisements qui constituent une portion tellement précieuse des richesses du Canada. De plus, la première édition de la carte de la région minière de Sudbury, publiée en 1891 pour accompagner le rapport du Dr Bell sur la géologie de cette zone (2) était presque épuisée et cela, bien que le Bureau des mines d'Ontario, eût, en différentes circonstances, en particulier en 1892 et 1900, adjoint à ses Rapports Annuels, des réimpressions spéciales de ce qui était virtuellement la même carte géologique. Nous avons jugé aussi que cette carte, si son exactitude et son utilité, en général n'avaient jamais été mises en discussion, ne renfermait cependant pas certains détails dont la présence est maintenant reconnue importante et même essentielle afin d'interpréter et de juger convenablement ces gisements. Ainsi, sur la carte primitive, le massif irruptif où se trouvent les mines Chicago et Victoria est entièrement séparé d'une bande de roches analogues, le long des limites méridionales de laquelle sont situés les gisements de Gertrude, Creighton, et North Star, tandis qu'on a maintenant constaté que toutes ces exploitations se développent le long de la limite méridionale d'une grande bande ininterrompue qui constitue la zone méridionale ou zone principale des roches éruptives nickelifères. Sur cette première carte, également, il n'est pas tracé de démarcation entre les massifs ou zones de norite nickelifère et certaines porphyrites amphiboliques, diorites et roches schisteuses vertes plus anciennes, qui bien que se rattachant

(1). Rapport annuel de la Com. Géo. du Canada, vol. V. partie S. 1890-1891.
(2) Rapport annuel de la Com. Géo. du Canada, vol. V. partie F, 1890-91.

intimement et ressemblant quelquefois beaucoup à la norite, sont absolument dénuées de traces d'éléments du précieux sulfure. Cette ressemblance est particulièrement frappante lorsque ces roches ont toutes deux, comme cela arrive souvent, subi un métamorphisme plus ou moins accentué. Il n'est donc pas étonnant qu'elles aient été confondues au début et groupées sur la carte. On peut ajouter que la présence de la norite comme élément géologique distinct n'a été soupçonnée que longtemps après l'achèvement des premiers travaux, au cours desquels les diorites associées avaient été regardés comme des portions de la norite métamorphisées par l'irruption de massifs plus récents de granite. La carte du Bureau des Mines de 1902, elle-même, qui aurait dû fournir les informations les plus nouvelles au sujet de cette étendue n'essaie même pas de corriger les inexactitudes les plus frappantes dans les limites géologiques ni de tracer la ligne importante de démarcation entre les roches éruptives nickelifères proprement dites et les diorites (*greenstones*) qui s'y rattachent intimement mais qui sont stériles.

Lorsque le présent travail a été entrepris nous avons cru qu'en limitant les opérations aussi strictement que possible à l'étendue caractérisée par l'existence de norite contenant le sulfure et d'autres roches éruptives de même nature, on obtiendrait une connaissance géologique plus précise de la composition minéralogique et des relations de structure et d'époque des divers massifs rocheux et qu'en même temps les limites des différentes formations pourraient être déterminées avec plus de précision.

Deux cartes ont été préparées pour accompagner ce rapport et elles portent respectivement les noms de "Carte des mines Victoria" et de "Carte de Sudbury", elles sont chacune à l'échelle d'un mille au pouce. La première embrasse une étendue de 220 milles carrés et le deuxième de 210 milles carrés, ce qui fait un total de 430 milles carrés, Le travail nouveau principal exécuté sur la carte des mines Victoria consiste dans le tracé des contours de deux bandes plus petites de norite au sud du Chemin de fer Canadien du Pacifique. L'une de ces bandes, coupant l'angle sud-est de Drury traverse complètement la partie méridionale du township de Denison. Cette bande qui se termine à l'est de la rivière Vermillon contient les mines Worthington Mitchener et Totten. La première de ces mines est fameuse en ce qu'elle a produit le minerai nickelifére le plus riche de la région. Sur l'autre bande, qui forme la crête proéminente au sud des lacs Mc Charles et Simon, sur la Réserve sauvage du Poisson Blanc, on n'a trouvé aucun gisement ayant un intérêt économique quelconque. Les limites du massif irruptif de granite plus récent qui traverse les

parties septentrionales et centrales du township de Graham, et pénètre ensuite dans les townships de Sinder et de Waters ont été aussi très soigneusement tracées. Il est regrettable que le temps à notre disposition ne nous ait pas permis de distinguer la norite des diorites et schistes plus anciens, mais le travail géologique accompli en 1901 était destiné à embrasser en une seule campagne toute la lisière méridionale et à cette époque on considérait qu'il était plus important de s'assurer s'il y avait ou non continuité de la zône méridionale au zône principale du nickel. Le massif principal de norite qui se dirige au nord-est, en partant des mines Victoria, a donc été suivi à travers la partie septentrionale du township de Denison et ensuite à travers la rivière Vermillon jusque dans la partie méridionale du township de Creighton où il se relie à l'autre massif de roches basiques irruptives analogues qui avait déjà été porté sur les cartes géologiques publiées antérieurement- Aucun travail nouveau n'a été exécuté dans les portions nord-ouest et ouest de cette étendue, sauf un examen assez précis de quelques-uns des affleurements du produit spécial de différenciation ou "micropegmatite" variété de la norite que l'on voit sur les rives des lacs Skill et Fairbank, et les contours des formations sont reproduits des anciennes cartes géologiques.

La géologie de la région embrassée par la carte de Sudbury a été entièrement révisée, en attachant un soin tout particulier à la délimitation des divers massifs de norite et en séparant ces roches éruptives nickelifères des diorites plus anciennes. Cette carte servira à démontrer de la façon la plus catégorique, l'association intime de cette éruptive particulière et des différents gisements de nickel et le développement invariable de ce dernier le long de la ligne de rencontre de la norite et des roches voisines. En plus de ces deux cartes qui indiquent à une échelle convenable non seulement les caractéristiques géologiques générales, mais encore la position relative de toutes les mines les plus importantes, il y a trois autres cartes chacune à l'échelle de quatre cents pieds au pouce que l'on peut appeler des plans géologiques miniers. Ils ont été préparés avec plus de soin et tous les détails de topographie, de construction, d'excavation y ont été indiqués, avec le plus de précision possible d'après des relevés au théodolite et à la chaîne. Ces plans présenteront un intérêt spécial pour les diverses compagnies dont les exploitations y sont indiquées et en même temps ils feront ressortir en détail beaucoup des traits marquants d'association qui existent communément entre ces différents gisements. Les deux cartes représentant la région avoisinant les mines de la Cie Internationale du Nickel à Copper Cliff et s'étendant du lac Kelley au

sud jusqu'à la mine Lady Violet au nord embrassent une étendue d'environ 9 milles carrés. La troisième carte qui donne la géologie des environs des mines Murray et Elsie ainsi que la situation des différents bâtiments d'exploitation minière couvre une superficie de près de deux milles carrés.

La présente étude est basée surtout sur le travail d'exploration accompli pendant les campagnes de 1901 et 1902. Un court résumé de la besogne exécutée chaque année a déjà paru dans les rapports sommaires de la Commission Géologique. (1) En plus de cette publication et des autres informations données à différentes reprises dans les documents officiels de la Commission Géologique et du Bureau des mines d'Ontario, certains détails de recherches personnelles, de nature à faire mieux connaître l'origine et l'association de ces gisements, ont paru dans divers périodiques scientifiques dont un grand nombre ne sont généralement pas à la portée du lecteur ordinaire. L'auteur s'est efforcé, en préparant ce rapport d'amasser et de faire répandre le plus possible des informations éparses sur ce sujet, et en y ajoutant le fruit de ses observations et de ses études propres, il a cherché à le rendre aussi intéressant et aussi utile qu'il a pu pour le public en général.

L'auteur a été considérablement aidé dans son travail d'exploration par le Dr Ludwig Mond de Londres, Angleterre, qui avait obtenu par arrangement spécial un congé temporaire de la Commission Géologique, pendant six mois, du 1er juillet au 31 décembre 1901.

La précision qui distingue, croyons-nous, ces cartes est due en grande partie aux efforts de M. James White, Géographe du Canada, qui a eu l'obligeance de prendre la direction des relevés nécessaires pour le tracé détaillé d'une carte à grande échelle de la région en question. Ce travail comprenait en 1901, le mesurage au théodolite et au ruban d'acier de la ligne-mère du chemin de fer Canadien du Pacifique, de la station de Wanapitei à la frontière septentrionale du township de Dowling à peu de distance au nord-ouest de la station d'Onaping. L'embranchement du " Sault " a été relevé de la même façon, de la jonction de Sudbury jusqu'à l'ouest, à la station de Worthington. Le raccordement a été fait avec l'observatoire de Rayside occupé par M. O. J. Klotz, astronome. La position de cet observatoire temporaire est indiquée par M. Klotz comme étant à 606 pieds à l'ouest de la ligne qui sépare les lot 2 et 3 dans la concession 1 et à 441 pieds au nord de la ligne médiane du chemin de fer Canadien du Pacifique. La position astronomique déterminée par M. Klotz est Long. 81°, 05′, 38″ O.

(1) Rapports sommaires de la Com. Géologique du Canada (1901) (1902.)

et Lat. 46° 32' 47" N. Cette position a été admise et la projection de la carte a été disposée en conséquence. En 1902, M. White a exécuté les mêmes relevés détaillés nécessaires pour préparer les deux cartes à grande échelle de l'étendue avoisinant les mines de la Cie Internationale du Nikel à Copper Cliff.

Dans tous ces travaux, l'auteur a bénéficié de l'assistance zélée et habile de M. O. E. Leroy, M. A. Sc., ancien démonstrateur de géologie à l'Université McGill de Montréal et profite de cette occasion pour reconnaître les efforts incessants de M. Leroy pour le seconder dans l'accomplissement des travaux.

Grâce à l'aimable permission du Dr J. B. Porter et avec l'approbation des autorités universitaires, la séparation magnétique de ces minerais a pu s'opérer dans le laboratoire des mines de l'Université McGill, par les soins de M. W. M. Ogilvie, B. A. Sc.

La plupart des essais et des analyses sont l'œuvre de M. Donald Locke diplomé de l'Ecole des mines de Freiberg, Allemagne qui a été attaché pendant quelque temps à la Commission Géologique en qualité de métallurgiste et d'essayeur.

L'auteur désire exprimer ses sincères remerciements pour les renseignements fournis et l'assistance gracieusement prêtée par MM. Dr Ludwig Mond, Dr Bernhard Mohr et autres fonctionnaires de la Mond Nickel Company ; par M. le président A. P. Turner, M. le cap. Lawson et autres fonctionnaires de la Compagnie Internationale du Nickel , résidant tous à Copper Cliff, Ontario ; par les représentants des Lake Superior Power Company, Great Lakes Copper Company et H. H. Vivian and Company stationnés dans la région. Il serait difficile de citer les noms de tous ceux qui au moyen de renseignements ou autrement ont aidé ces recherches ; cependant, l'auteur tient à faire part de sa profonde reconnaissance pour les résidents de Sudbury, Copper Cliff et Victoria Mines qui ont fait preuve pour lui pendant son séjour de la plus parfaite amabilité et des plus constants égards.

EXAMENS ET DESCRIPTIONS ANTÉRIEURS.

Les publications relatives aux gisements de nickel et de cuivre de la région minière de Sudbury ont atteint déjà de telles proportions qu'il est sans doute à propos de mentionner en passant les principales, celles qui dénotent des recherches personnelles dont les résultats ont apporté un appoint matériel à nos connaissances sur la nature et l'existence de ces immenses gisements miniers. Ces gisements de pyrrhotine avec leur haute teneur extraordinaire en nickel et intimement associés à la chalcopyrite sont importants, non seulement au point de

vue industriel, mais aussi au point de vue de la science, en ce qu'ils nous mettent à même d'avancer avec toute assurance l'opinion qu'on peut les regarder, ainsi que les gisements présentant des relations analogues, comme étant d'origine ignée et dus à une opération de différentiation dans le magma primitif d'où elles se sont solidifiées ainsi que les roches éruptives associées.

La découverte du nickel à la mine Wallace en 1846 (1) bien qu'elle eût créé, sur le moment, quelque émoi fut vite oubliée aussi bien que la prédiction faite alors et qui s'est depuis si amplement réalisée, que des gisements de nickel et de cobalt d'une importance industrielle réelle seraient encore trouvés dans la région. L'attention fut encore appelée sur ce sujet par la découverte, en 1856 (2) de nickel et de cuivre sur la ligne méridienne de Salter, un peu plus de six milles au nord du lac du Poisson Blanc (*Whitefish lake*) et moins d'un mille au sud ouest du puits principal de la mine maintenant célèbre de Creighton qui est peut être le gisement de pyrrhotine nickelifère le plus riche du monde. Cette découverte fut encore perdue de vue ou bien jugée sans importance, à cause sans doute du peu de renseignements que l'on possédait sur la présence du minéral, mais plus probablement en raison de la nature sauvage et innaccessible de la région où le gisement avait été trouvé. La construction du chemin de fer Canadien du Pacifique a rapidement changé cet état de chose et moins de dix ans après l'ouverture de ce mode d'accès dans la région, toutes les mines maintenant en exploitation avaient été jalonnées.

Les premières données statistiques qui furent publiées à l'égard de ces gisements avaient trait aux exportations de minerais de cuivre en 1886 ; ces exportations s'élevaient à 3,307 tonnes et avaient une valeur déclarée en douanes de $16.404 (3). En 1887, la quantité exportée était descendue à 567 tonnes, estimées à $3,416 (4) Vers cette époque la découverte du nickel dans le minerai décida la Canadian Copper Company à installer l'outillage nécessaire pour la production des mattes de nickel et de cuivre. Pendant les préparatifs faits pour développer cette exploitation minière et d'autres également, il n'a pas été enregistré d'exportations de ce district en 1888.

En octobre 1887, M J. H. Collins visita la région de Sudbury pour se rendre compte de l'étendue et des perspectives industrielles de ces prétendues mines de cuivre. Le 6 juillet 1888, il lut devant la Société

(1) Rapport des travaux, Commission Géologique du Canada, 1848-49 ; Géologie du Canada, 1863.

(2) Rapport des travaux Com. Géo. du C. 1853-56.

(3) Rapport annuel Com. Géo. du C. 1886. Partie S.

(4) Rapport annuel Com. Géo. du C. 1887-88. Partie S.

Géologique de Londres une étude " Sur les gisements de cuivre de Sudbury " embrassant les résultats de son examen qui cependant paraît s'être limité surtout à l'étendue avoisinant immédiatement les mines de Copper Cliff et de Stobie. Un résumé de cette étude fut publié plus tard ([1]) accompagné de deux coupes des mines citées plus haut indiquant les associations géologiques et la position de ces gisements. L'auteur y considère que les deux gîtes de minerais principaux doivent avoir été le résultat d'une action secondaire, les sulphures occupant des fissures le long de certaines zones de dislocation produites par l'irruption de matières ignées. Dans la discussion qui s'ensuivit, M. Attwood se déclara convaincu que les diorites avaient servi de véhicule aux métaux. On a ajouté à la fin de cette étude une note portant la date du 22 octobre 1888 indiquant que le minerai de la mine Evans contient : cuivre 3 pour cent, nickel 3·5 pour cent, fer 40 pour cent, soufre 24 pour cent, roche 29·5 pour cent.

Au mois d'octobre 1888, M. Francis L. Sperry qui était alors chimiste de la Canadian Copper Company, envoya une petite quantité de ce qui lui semblait être un minéral remarquable au professeur H. L. Wells de l'Ecole scientifique de Sheffield, New Haven, Conn. Quelques essais suffirent pour démontrer que cette substance était essentiellement un arséniure de platine. On avait obtenu quelques onces de ce minéral en broyant certains éléments décomposés (*gossan*) associés aux sulfures de la mine de Vermillon, dans le township de Denison. Une étude complète de ce qui a trait à la composition, aux caractères physiques et à l'attitude cristallographique de ce minéral fut préparée par les prof. Wells et Penfield qui proposèrent de donner à ce nouveau minéral le nom de " sperrylite " en l'honneur de celui qui l'avait découvert. ([2])

A peu près à la même époque, les prof. Clarke et Catlett ([3]) de Washington, obtinrent de deux sources différentes certains échantillons de minerais de nickel provenant de la mine Vermillon, appartenant à la Canadian Copper Company. D'un côté, ils reçurent deux amas de sulfure à examiner pour y chercher le cuivre et le nickel et de l'autre leur vinrent des sulfures analogues, et une série de sol et d'éléments graveleux (roches décomposée) constituant en tous sept échantillons. Dans ce dernier cas on demandait d'examiner l'envoi pour rechercher du platine et dans cinq des échantillons mentionnés on constata que le gravier donna 74·88 onces de métal du groupe platine par tonne de

(1) Quart. Jour. Géol. Soc. Lond. Vol. XLIV, 1888.

(2) Amer. Jour. Sc., Vol. XXXVII., 1889, pp. 67.73 ; et Zeit. für Kryst. Vol. XV, pp. 285 et 290-291.

(3) Amer. Jour. Sc. Vol. XXXVII, 1889, pp. 372-374.

2000 livres. Les minéraux de sulfure étaient tous de même nature. Ils consistaient en massifs mélangés dans lesquels prédominait une matière grise se ternissant rapidement, avec un peu de chalcopyrite, peut-être un peu de pyrite et très peu de quartz. Une analyse d'éléments soigneusement choisis du minerai de nickel indiqua que sa formule générale concordait avec celle de la polydymite qui avait été décrite antérieurement par M. Laspeyres, de Grünau, Westphalie et dont il est évidemment une variété ferrifère.

A la réunion tenue à Buffalo par l'American Institute of Mining Engineers, M. W. H. Merritt, de Toronto, soumit un travail sur " The Minerals of Ontario and their Development " qui contient une brève description des gisements de Sudbury. (1)

Dans le rapport sommaire de la Commission Géologique pour l'année 1888 le Dr Bell (2) mentionne que " les modes d'existence et les relations géologiques des minéraux industriels dans les régions examinées (entre le lac Huron et la rivière Montréal) ont été étudiés avec soin. Les métaux qui promettent le plus sont des dépôts de cuivre et de nickel qui ont été exploités depuis trois ans auprès de Sudbury." De plus, dans le rapport de 1889, le Dr Bell (3) après avoir brièvement esquissé la géologie de l'étendue comprise dans la carte de Sudbury, donne quelques notes sur la nature et le mode de présentation de ces gisements et aussi sur les progrès de l'exploitation minière et métallurgique qui était alors en pleine activité.

Il considérait la pyrrhotine comme une espèce réelle nickelifère, dans laquelle un peu de fer est remplacé par du nickel. Les gisements sont décrits comme des " stockwerks " où la structure filoneuse est très voilée. On considère généralement que les gîtes de minerai se présentent dans une sorte de diorite, la concentration du minerai ayant peut-être quelque rapport avec certains dykes de diabase que l'on voit dans certains cas auprès des gisements.

Au cours de la réunion tenue à Ottawa par l'American Institute of Mining Engineers, au mois d'octobre 1889, le Dr E. D. Peters qui était chargé des travaux de la Canadian Copper Company auprès de Sudbury a lu un travail " On the Sudbury Ore Deposits." (4) Il débute par un exposé très court et très général des conditions géologiques, mentionne en passant les deux sulfures principaux qui constituent ces gisements et consacre le reste de son travail à décrire l'instal-

---

(1) Trans. Amer. Inst. Min. Eng., Vol XVII, 1888-89, pp. 293-300.
(2) Rap. ann. Comm. géo. Can. 1887-88 A.
Rap. ann. Comm. géo. Can. 1888-89 A.
Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Vol XVIII pp. 278-289.

lation et les méthodes d'extraction et de métallurgie suivies par la compagnie dont il était l'administrateur.

En 1890, le Dr Robert Bell de la Commission Géologique du Canada, en sa qualité de membre de la Commission Royale chargée d'étudier les ressources minérales d'Ontario, traite de " La Géologie d'Ontario au point de vue spécial des minéraux industriels " et consacre quelque attention aux gisements de nickel et de cuivre de la zone avoisinant Sudbury. (1)

En 1891, (2) le Dr Bell a décrit avec plus de détails la nature et l'étendue de ces gisements et leurs relations géologiques, en exposant les résultats des travaux d'exploration de la Commission Géologiques dans cette étendue au cours des trois années 1888-90. Ce même volume contient la première carte géologique de cette région qui ait été publiée, où se trouvent indiquées graphiquement les limites des différentes formations ou subdivisions de ces anciennes roches sur une étendue de 3,456 milles carrés. Cette carte bien que défectueuse et inexacte à certains points de vue, a servi de base pour tous les travaux géologiques postérieurs accomplis dans cette région, bien qu'elle soit maintenant remplacée, pour certaines zones, par les cartes publiées récemment par le Bureau des Mines d'Ontario, et celles qui ont été préparées pour accompagner la présente étude. Les imperfections elles-mêmes de ces cartes récentes ressortiront à leur tour quand la région se défrichera et se fouillera et il sera alors possible, sans doute de fournir des renseignements plus précis sur la distribution des différents massifs rocheux.

Le 6 mars 1891 (3), l'auteur du présent ouvrage a lu devant le Club Logan d'Ottawa un travail " On the Nickel and Copper Deposits of Sudbury " qui a été publié au mois de juin de la même année et où l'on trouve l'affirmation parfaitement catégorique de l'origine ignée (4) de ces amas de matériaux de sulfures. Cette assertion est conçue dans les termes suivants :

" Les minerais et la diabase associée ont conséquemment, selon toutes les probabilités, été introduits simultanément quand ils étaient en fusion, les parcelles de matières pyritiques s'aggrégeant suivant leur attraction mutuelle ". Dans ce même travail l'auteur fait cette

(1) Min. Res. of Ont. 1890, pp. 24 et 433.435 ; et Ann. Rep. Bur. of Mines Ont. 1891, pp. 88-90.

(2) Rap. ann. Comm. Géo. du C. Vol V. 1890-91. Partie F. et Bull. Géo. Soc. Am. Vol II, 1891, py. 125-137.

(3) Ottawa Naturalist, juin 1891, pp. 1-20 ; et Rap. ann. Com. Géol. du C. Vol. V. Partie S. 1890-91.

(4) Voir aussi une étude par le Dr. Bell sur " The Nickel and Copper Deposit of Sudbury District, Canada " Bull. Geol. Socy. of Am. Vol. II, 1891.

assertion très significative, dont l'exactitude a été prouvée plus tard par la séparation magnétique du minerai :

" On dit ordinairement que le nickel remplace une quantité équivalente de fer dans la pyrrhotine, mais la découverte de cristaux indiscutables de millerite ou sulfure de nickel, à 150 pieds au dessous de la surface dans la mine de Copper Cliff, ainsi que la découverte non moins récente de polydymite, un sulfure ferrifère de nickel, dans la mine de Vermillon, township de Denison, paraissent justifier la supposition que, au moins dans les gisements les plus fortement nickelifères de la région, le nickel se présente aussi sous forme de sulfure disséminé dans les amas de minerais, comme le fer et le cuivre ". En 1891, M. T. L. Walker, alors chimiste à la mine de Murray, a obtenu 30 p. c. de nickel de quelques morceaux fissiles, brillants, d'un minéral qui se présentait sous la forme de lambeaux plus ou moins arrondies dans la pyrrhotine nickelifère ordinaire de la mine Worthington. L'auteur, qui avait fourni ces échantillons à M. Walker, conseilla de faire une analyse d'éléments aussi purs qu'on pourrait les trouver. Il est à regretter pour M. Walker, en ce qui a trait à la priorité de la découverte de pentlandite dans cette région, que l'auteur du présent rapport, lorsqu'il publia les résultats de cette première analyse (1) ait simplement exprimé son opinion personnelle que ces massifs particuliers, en forme de nodules, représentaient probablement un mélange dans lequel la millerite était le constituant prépondérant, et ait omis de mentionner le fait que le chimiste avait, de son côté, exprimé l'avis que la matière en question était presque de l'" Eisennickelkies " pur, ce qui est le synonyme allemand de la pentlandite. A cette époque on jugeait très important d'accentuer encore la conviction déjà fermement établie que le nickel était indubitablement présent dans ces amas de minerais comme sulfure distinct, entremêlé mécaniquement et probablement séparable et ne remplaçait pas une partie du fer dans la pyrrhotine. Il était même regardé comme probable que plusieurs sulfures de nickel, et pas seulement un, contribuaient à enrichir d'une façon aussi extraordinaire ces minerais.

Le rapport de la Division des Mines et Statistiques minières de la Commission Géologique pour l'année 1890, bien qu'il n'ait été publié que l'année suivante, contient les premiers détails statistiques qui indiquent la production et l'exportation de mattes de nickel et de cuivre de la région de Sudbury. Ces tableaux sont également accompagnés d'une description assez détaillée des gisements dont nous avons

(1) Rap. ann. de la Com. Géol. du C. 1890-91. Partie SS.

déjà parlé ([1]). Précédemment, cependant, dans le rapport ([2]) du même service pour l'année 1889 mention avait été faite de la production du nickel en Canada, mais les résultats alors fournis figuraient seulement d'une façon sommaire. On avait dû en agir ainsi, parce que les chiffres alors disponibles représentaient la production d'une compagnie seulement qui voulait bien les transmettre à condition qu'ils servissent uniquement à la compilation de résultats généraux.

Le premier rapport du Bureau des Mines d'Ontario en 1891, époque de son organisation, consacra beaucoup d'espace non seulement aux statistiques de la production des mattes de cuivre et de nickel, mais aussi à différents détails relatifs aux relations géologiques des minerais aux méthodes minières et métallurgiques ainsi qu'aux emplois et à la valeur du nickel. Il contient aussi le premier rapport de l'inspecteur des mines, qui, chaque année, depuis, donne un état résumé des progrès de l'extraction et de la fonte dans cette étendue.

En 1891, M. J. Garnier ([3]) que la découverte des gisements de nickel de la Nouvelle Calédonie avait rendu fameux, visita le Canada et à son retour à Paris donna un compte-rendu de son examen dans un travail intitulé : "Mines de nickel, cuivre et platine du district de Sudbury, Canada."

En 1892, le Dr S. H. Emmons de Youngwood, Penn. président de la Emmons Metal Company annonça la découverte de trois nouveau minéraux de nickel provenant de la région de Sudbury pour lesquels il proposait les noms suivants : Folgerite, Blueite et Whartonite. ([4]) Les substances ainsi nommées étaient désignées comme sulfures de fer et de nickel, la proportion de ce dernier métal variant de 3.76 p. c. dans la blueite à 35.20 p. c. dans la folgerite. Tous les savants sont cependant tombés d'accord qu'aucun de ces minéraux ne constitue une espèce minérale déterminée mais que ce sont des mélanges de différents sulfures. Ainsi, la folgerite est considérée comme étant de la pentlandite impure, le blueite est une pyrite nickelifère et la whartonite, un mélange. Un examen attentif des méthodes d'analyse du Dr Emmons et l'instabilité de ses résultats suffisent à prouver qu'aucun des noms qu'il propose ne devrait trouver place dans la nomenclâture minéralogique. A peu près à la même époque le Dr Emmons procédait à des expériences assez élémentaires et évidemment hâtives au sujet de la pyrrhotine

(1) Rap. Ann. Com. Géol. C. 1890-91, Partie S.

(2(Rap. Ann. Com. Géol. C., 1888-89, Partie S.

(3) Mem. Soc. des Ing. Civils, Paris, 1891.

(4) Jour. Ann. Chem. Soc. Vol. XIV, No 7 et Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1892 pp. 167-170.

au moyen du magnétisme, mais les résultats étaient loin d'être satisfaisants ([1]). Les matériaux sur lesquels ont été faits les essais provenaient de la mine Gap, Pa., et de Sudbury, Ont.

En 1892, M. David Levat, ancien directeur général de la Société du Nickel a préparé sur la production et l'emploi du nickel et de ses alliages, un mémoire intitulé " Progrès de la métallurgie du Nickel " ([2]) dont un résumé a été traduit et imprimé dans le rapport du Bureau des mines d'Ontario. Après avoir décrit le traitement métallurgique des minerais de Sudbury, il établit une comparaison entre ceux-ci et ceux de la Nouvelle Calédonie et donne à l'égard de ces derniers tous les détails nécessaires quant à leur métallurgie, leur transport, leur extraction et il termine par certaines indications détaillées sur la composition du nickel du commerce, de ses alliages et par une statistique de sa production.

Pendant l'été de 1890, feu M. le baron Von Foullon, membre du Service Géologique autrichien, passa quelques semaines dans la région en s'appliquant spécialement à déterminer l'époque relative des différentes roches. Sa collection de roches pour études ultérieures contenait un spécimen pris d'un des blocs de matériaux détachés que l'on avait fait sauter pour creuser l'emplacement des fondations de l'usine de fusion des mines Murray. L'examen au microscope de plaques minces de ce spécimen révéla pour la première fois l'identité de ce qui était évidemment un représentant type inaltéré d'une éruptive nickelifère, indiquant qu'elle contenait en plus du plagioclase des éléments hypidiomorphiques fortement pleiochroiques d'hypersthène, avec une plus petite quantité de diallage, ces deux derniers minéraux étant souvent bordés d'amphibole. Cette roche appartenait donc évidemment au type général des gabbros qui, par l'abondance d'hypersthène est rattaché aux norites. ([3]) Ceci fut la première découverte de la nature réelle de l'éruptive à laquelle les gisements de nickel sont si intimement associés, bien que feu le professeur G. H. Williams eût, en 1891, décrit ([4]) une roche très semblable provenant des environs de la mine Blezard, mais qui, dans la description des relations locales qui lui avait été fournie, était indiquée comme se présentant dans un dyke plus récent. En 1893 le Dr A. P. Coleman montra ([5]) que la roche encaissante des gisements

(1) Journ. Ann. Chem. Sec. Vol. XIV, No 10, et Ann. Rep. Bur. of mines, Ont 1892, pp. 163-166.

(2) Ann. des Mines, Paris, 1892.

(3) " Ueber einige Nickelrzvorkommen," Jahr. d. k-k. geol. Reichsanstadt, Vol. XLII., pp. 223-310, Vienne, 1892.

(4) Rap. Ann. Com. géol. C. 1890-91. Partie F.

(5) 'The Rocks of Clear lake near Sudbury,' Can. Rec. Sc., Vol. V., 1892-93, pp. 343-347.

de nickel au sud du lac Clair *(Clear lake)* sur la zone septentrionale du nickel était un gabbro contenant du diallage et de l'enstatite. Dans la même publication, il décrit les caractéristiques pétrographiques du type particulier de roche auquel Williams a donné le premier le nom de " micropegmatite," et qui existe là, comme ailleurs dans la région, en association intime avec l'éruptive contenant le sulfure.

En 1893, le professeur S. L. Penfield, découvrit et décrivit pour la première fois la pentlandite minérale de la région de Sudbery trouvée dans des morceaux de sulfures qui lui avaient été envoyés quelques années auparavant par M. F. L. Sperry.(1) A la suite de cet article, dans la même publication, il critique assez sévèrement les méthodes d'analyse adoptées par le Dr Emmons, lorsqu'il essaya de justifier ses prétentions à l'admission de la folgerite, blueite et whartonite comme nouvelles espèces minérales. (2)

La même année, M. David H. Browne (3) chimiste de la Canadian Copper Company mit en doute l'exactitude des travaux magnétiques du Dr Emmons ainsi que les conclusions qu'il en avait tirées, au moins en ce qui concerne les matériaux de Sudbury. En même temps il publia les détails de certaines expériences personnelles relatives à la séparation magnétique des minerais des mines Copper Cliff, Evans et Stobie. Le minerai avait d'abord été choisi à la main et ensuite broyé à différents dégrés de tenuité. Au moyen de ces essais, il réussit à diviser la matière ainsi préparée en produits magnétiques et non-magnétiques et l'analyse de ces derniers dénota une ressemblance très intime avec la pentlandite décrite par M. Penfield.

Au mois de juin 1893, M. T. L. Walker (4) visita la mine Vermillon et se procura quelques autres matériaux supplémentaires analogues à ceux où Wells et Penfield avaient d'abord découvert la sperrylite. La preuve tirée de ces nouveaux spécimens de ce minéral relativement rare, lui a permis de donner plus de détails quant à sa tenue cristallographique. Après un examen attentif de sulfures associés, il conclut que cette sperrylite est associée à la chalcopyrite et non pas à la pyrrhotine et que par conséquent les mattes de nickel provenant des mines de basse teneur en cuivre contiennent très peu de platine tandis que celles qui contiennent plus de cuivre sont relativement plus riches en platine. Il mentionne cependant le fait que la polydymite de Clarke et de Catlett contient de 0·006 p.c. à 0·024 p.c. de platine. (5)

(1) Am. Jour. Sc. Vol. XLV., 1893, pp. 493-394.
(2) Am. Jour. Sc., Vol. XLV., 1893, pp. 494-497.
(3) Eng. and Min. Jour. Dec. 2nd, 1893' Vol. LVI., pp. 565-566.
(4) Am. Jour. Sc. Vol. I, 1896, pp. 110-112.
(5) Bull. U. S. G. S. No 64, p. 21.

Au mois d'avril 1893, le prof. W. L. Goodwin ([1]) annonça le découcouverte d'une pyrite fortement nickelifère, recueillie à la mine Murray et publia une analyse de cette association assez extraordinaire. Mais les éléments sur lesquels se fit l'examen étaient massifs et assez décomposés. Un peu plus tard, cependant, M. T. L. Walker se procura plusieurs échantillons décelant des druses de petits cristaux cubiques brillants. ceux-ci furent trouvés associés à de la marcasite (ne contenant ni nickel ni cobalt) à de la magnétite, galène, chalcopyrite et pyrrhotine nickelifère. Une analyse fut faite de cette matière à l'état neuf et frais et on en vint à la conclusion que les spécimens représentaient de la vraie pyrite nickelifère dans laquelle les éléments isomorphes, fer et nickel, se remplaçaient les uns les autres dans des proportions variables. ([2])

Pendant l'été et l'automne de 1893, M. E. Renshaw Bush, visita pour le travail de sa profession quelques-uns des gisements les plus importants et rendit compte plus tard de ses observations dans une étude intitulée : "The Sudbury Nickel Region." ([3])

Le 4 décembre 1893, M. Philip Argall, de Denver, Col., soumit à la Colorado Scientific Society une étude intitulée "Nickel, the Occurence Géological Distribution and Genesis of its Ore Deposits." Cet auteur donne une aperçu bref, mais assez complet de la nature, la composition et la distribution de ces trois groupes de minerai de nickel—arséniures, sulfures et silicates—et mentionne spécialement les caractères principaux et l'importance des gisements de Sudbury. ([4])

Le 12 janvier 1894, le Dr Frank D. Adams de Montréal soumit à l'Association Générale des Mines de la province de Québec un travail "On the Igneous Origin of certain Ore Deposits." Dans ce travail, il donne un résumé des conclusions principales auxquelles en est arrivé le Prof. J. H. L. Vogt de Christiana à la suite de ses examens et de ses études des sulfures nickelifères de Norvège ; et, d'accord avec ces conclusions, le Dr Adams conclut à l' origine ignée des diverses roches de cette nature qui se présentent à Sudbury, l'enrichissement du minerai étant le résultat direct d'une différenciation de magma du type particulier des éruptives auxquelles les gisements des deux pays sont toujours associés. ([5])

En 1895, le prof. J. T. Kemp de l'Université Columbia, New-York, donne dans "An Outline of the Views held to day on the

(1) Can. Rec. Sc. . Vol. V., 1892.93. pp. 346-347.
(2) Am. Jour. Sc. XLVII., avril, 1904. pp. 312-314.
(3) Eng. et Min. Jour. 17 mars 1894, Vol. LVII., pp. 245-246.
(4) Proc. Col. Sc. Soc., Vol., IV., 1891-93, pp. 395-421
(5) Can. Min. Review, February, 1894.

Origin of Ores", une explication de l'enrichissement de ces sulfures de fer, de cuivre et de nickel, basée sur les lois de la thermo—chimie. (1)

En 1897, le Dr T. L. Walker, prit pour sujet de sa thèse de doctorat en philosophie à l'Université de Leipsick "Etudes Géologiques et Pétrographiques de la région du nickel de Sudbury, Canada". Cette thèse fut ensuite communiquée à la Société de géologie de Londres par le Prof. J. J. H. Teall et subséquemment publiée sous une forme abrégée. (2) Cette publication contient un résumé des études du Dr Walker sur les roches qui sont le plus intimement associées aux gisements de nickel. L'auteur est parfaitement d'accord avec MM. Vogt, Adams et autres, pour considérer ces gites de minerais comme ayant une origine ignée, et devant leur position et leurs dimensions actuelles à une différenciation magmatique. Il fournit des détails très complets sur la nature pétrographique, non seulement des éruptives nickeli fères, mais aussi des grès associés et des roches clastiques de l'Huronien, mentionnant brièvement la composition minéralogique des gneiss Laurentiens qui affleurent près de la station de Wanapitei. Le Dr Walker a été le premier à reconnaître que la "micropegmatite", classée sur les cartes géologiques antérieures, comme appartenant au Laurentien, auquel elle ressemble, est réellement une étape de différenciation de la norite prépondérante. Les dykes postérieurs de diabase sont aussi décrits avec beaucoup de détails. Toute la publication peut être en un mot regardée comme l'exposé le plus complet qui eût alors paru relativement à la géologie et à la pétrographie de cette région.

En 1900, M. J. Watson Bain prépara "A Sketch of the Nickel Industry" qui traite de l'origine et de la production des minerais de nickel et de la métallurgie des produits de la Nouvelle Calédonie et de Sudbury et se termine par un aperçu succinct de la composition et des emplois du nickel. (3)

En 1901, le Dr A. P. Coleman donna certains détails pétrographiques des éruptives nickelifères et des diorites associées avec une note particulière pour celles de ces roches qui existent entre les mines Stobie et de la Montagne de Nickel. Il fournit aussi un compte-rendu de leur composition et de leur nature minéralogiques, telles qu'elles ressortent des examens au microscope de quelques-unes des roches de ce district classées comme Huroniennes. (4)

(1) Min. Industry, Vol IV, 1895, pp. 755-766.
(2) Quart. Jour. Geol. Soc. Lon., Vol. LVIII., (1897), pp. 40-66.
(3) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont, 1900, pp. 213-228.
(4) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1901, pp. 206-208.

En 1901 (1) d'abord et en 1902 (2) ensuite l'auteur, de ce rapport donna certaines informations préliminaires au sujet de la géologie et de la pétrographie de la région de Sudbury.

Dans l'été de 1902, les professeurs Victor Goldschmidt et William Nicol préparèrent un exposé très complet de la cristallographie de la sperrylite ; les matériaux avaient été recueillis sur l'emplacement primitif à la mine Vermillon. (3)

En 1902, M. C. W. Dickson (Lauréat du Prix 1851 à l'Université de Queen's à Kingston et suivant les cours de l'Ecole des Mines de l'Université Columbia à New York) réussit à séparer la sperrylite de la chalcopyrite non altérée extraite des mines Victoria et prouva ainsi d'une façon définitive que le platine était associé au sulfure du cuivre. (4) Ceci s'accorde avec les résultats obtenus quelques années antérieurement par M. Walker, résultats dont nous avons déjà parlé et concorde avec les opinions émises par le prof. Vogt par suite d'analyses faites des différents minerais provenant des gisements norvégiens de pyrrhotine nickelifère. (5)

A une réunion de l'American Institute of Mining Engineers, tenue à Albany en février 1903, M. Chs W. Dickson, dont il a déjà été parlé soumit une étude intitulée "The Ore deposits of Sudbury, Ontario." Les renseignements ainsi publiés furent aussi présentés sous forme de thèse pour l'obtention du diplôme de docteur en physique à l'Université Columbia de New-York. (6)

Cette publication marque un point de départ absolument nouveau non-seulement dans les procédés employés pour les recherches, mais encore dans l'orientation des résultats cherchés et si les conclusions atteintes semblent nouvelles, surprenantes et incompatibles avec beaucoup des notions préconçues que l'on entretenait à l'égard de la composition et de l'origine de ces gîtes de minerais, on doit rendre à l'auteur cette justice qu'il a pesé toutes les preuves et mis en œuvre tous les moyens possibles d'établir la validité de ses conclusions.

M. Dickson mentionne que l'un des objets de ses recherches a été de s'assurer si le nickel et le cobalt remplacent isomorphiquement le fer dans la pyrrhotine de Sudbury. Un autre but recherché a été de trouver la formule précise du sulfure de cette région afin de pouvoir la comparer à celle des minéraux similaires d'autres endroits. La

(1) Rap. Summ. de la Com. Géo. du Can., 1901.
(2) Rap. Summ. de la Com. Géo. du Can., 1902.
(3) Amer Jour. Sc. Vol. XV, 1903, pp. 450-458.
(4) Amer Jour. Sc. Vol. XV, 1893. pp. 137-139.
(5) Zeit für Prak. Geol., Août, 1903, pp. 258-260.
(6) Trans. Am. Inst. Min. Eng. (Albany Meeting) February, 1903, 65 pp.

thèse est divisée en deux chapitres principaux ; savoir : I. Les relations du nickel et de la pyrrhotine ; II. La genèse des minerais de Sudbury.

Le premier de ces deux chapitres de l'étude de M. Dickson donne d'abord un exposé général de l'état de la région à nickel de Sudbury. Cet exposé est suivi d'un sommaire de la composition et de l'origine de la pyrrhotine auquel est adjoint un tableau donnant le pourcentage de nickel et de cobalt dans ce minéral. Puis vient une courte description des pyrrhotines de Sudbury avec des tableaux montrant non-seulement le pourcentage de nickel, de cobalt et de cuivre dans le minerai des mines principales, mais aussi la composition moyenne de quelques unes des mattes qui en résultent.

M. Dickson discute ensuite les procédés employés et le résultat de ses travaux de séparation magnétique de la pyrrhotine et de ses expériences il conclut que le nickel, dans les minerais de Sudbury du moins se présente comme minéral séparé, et, que dans cette région il n'existe pas de pyrrhotine nickelifère réelle, c'est-à-dire où le nickel remplace isomorphiquement une partie de fer de ce minéral. Dans le second chapitre, il donne des preuves excessivement plausibles à l'appui de l'opinion par lui exprimée que tous les gisements de minerai de Sudbury sont essentiellement et éminemment d'origine secondaire. Les preuves à l'appui sont tirées non seulement de l'étude faite sur le terrain des plus grands gisements et des roches associés , mais elles ressortent abondamment aussi des relations entre les minerais et les roches minérales examinés au microscope.

Une comparaison est établie entre ces gisements de Sudbury et ceux de Rossland C. A. et de Ducktown, Tenn., qui, au dire de M. Dickson-offrent des points de similitude nombreux et essentiels et dont l'origine secondaire ne peut pas être mise en doute

En 1903, le Dr. A. P. Coleman a publié son compte-rendu de "The Sudbury Nickel Deposits" (1) donnant les détails des travaux d'exploration entrepris sous les auspices du Bureau des mines d'Ontario dans l'été de 1902. C'est indubitablement la description la plus satisfaisante et la plus compréhensible de ces gisements qui ait encore paru. Ce travail est abondamment illustré de photographies des différentes mines et des bâtiments avec plusieurs cartes montrant les progrès des travaux superficiels et la disposition des différentes excavation. Il est accompagné de deux cartes en teintes conventionnelles représentant l'étendue qui avoisine les mines Stobie et de Copper Cliff. Nous ne

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, pp. 235-299.

croyons pas nécessaire dans ce cas de résumer les données de cet ouvrage, la publication étant toute récente et à la portée de tous ceux qui veulent y puiser des renseignements ; d'ailleurs ce travail est indispensable à tous ceux qui s'occupent de problêmes de pétrographie et de géologie. En 1903, le Dr Coleman a continué ses travaux, s'occupant particulièrement de dresser la carte détaillée des contours de la zone Septentrionale du nickel pour déterminer, s'il y a lieu, son raccordement avec la zone Méridionale ou zone Principale.

Le Dr Coleman a l'intention de continuer ses travaux la saison prochaine dans le but de publier plus tard une monographie qui contiendra sous une forme succinte tous les renseignements essentiels sur ces gisements qui occupent une place si importante dans le développement industriel minier du Canada.

HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION

La présence de grands gisements de nickel et de cuivre dans le voisinage de la ville de Sudbury et auprès de la ligne de démarcation entre les districts d'Algoma et de Nipissing dans l'Ontario septentrional, a, depuis bien des années, appelé l'attention du monde entier, d'abord à cause de leur immensité qui les fait sembler inépuisables, mais dernièrement surtout, en raison de l'extension prise par l'emploi du nickel spécialement dans ses alliages avec l'acier pour accroître les qualités de celui-ci. Le mouvement qui a pris naissance récemment pour demander l'imposition d'un droit d'exportation sur les minerais et les mattes de nickel a enfin réussi à montrer au public que le Canada, depuis quelque temps, est l'une des plus grandes sources de production du nickel, qu'il y ait au monde et fournit à présent plus de la moitié de la consommation mondiale de ce métal. L'histoire du développement de l'exploitation du nickel dans cette région est liée d'une façon inséparable à celle du cuivre car les deux minéraux se présentent toujours en association commune si intime que, pour l'extraction de leur contenu métallique, il sont soumis aux mêmes procédés métallurgiques.

L'existence de gisements de cuivre exploitables dans cette région était connue depuis longtemps et dès 1770 une compagnie s'était formée et avait tenté d'extraire ce métal ; mais la difficulté de trouver et de faire vivre des mineurs à une telle distance de tout centre de civilisation, l'éloignement d'un marché pour le minerai, l'absence de tout moyen de transport étaient déjà, à défaut de toute autre difficulté, des raisons suffisantes pour que ces premières tentatives avortassent. Cependant, en 1846, l'activité déployée pour explorer et jalonner les

terrains miniers sur la rive méridionale du Lac Supérieur et un rapport favorable de M. W. E. Logan, qui venait alors d'être nommé géologue provincial, décidèrent quelques Canadiens entreprenants à s'associer pour former deux compagnies appelées " The Montreal Mining Company et " The Upper Canada Mining Company ". La première de ces compagnies acheta ce qui portait alors le nom de " The Bruce Mines Location " et en raison de la richesse apparente du gisement décida d'en commencer immédiatement l'exploitation, tandis que l'Upper Canada Company procéda au développement et à l'exploitation de ce qu'on appelait alors la " Wallace Mine " auprès de l'embouchure de la rivière du Poisson Blanc *(White River)* qui se jette dans le lac Huron. La mine Wallace faisait partie d'un grand nombre de concessions que possédait la compagnie sur la rive nord du Lac Huron et avait été choisie à cause de sa proximité de la civilisation et de la richesse qu'elle semblait promettre. Il est à remarquer que c'est aussi la première place où le nickel a été découvert en Canada. Après avoir foncé un puits à une profondeur de 60 ou 90 pieds et après avoir fait quelques sondages pour s'assurer des dimensions du gisement les travaux furent abandonnés et n'ont jamais été repris depuis, parce que la quantité de minerai trouvée dans ces opérations ne paraît pas justifier de plus fortes dépenses.

Dans son rapport de 1856, M. Alex Murray (1) parle en ces termes de certains affleurements de roches sulfurifères qui ont été longtemps après reconnus constituer le prolongement sud-ouest des mines de nickel aujourd'hui fameuses de Creighton. " Au cinquième mille, un trapp magnétique vert sombre avec une grande quantité de pyrite de fer, forme une arête et cette roche avec de la syénite, se continue en formant une succession d'arêtes jusqu'au septième mille après quoi le pays s'abaisse et devient marécageux. Avant ma visite au lac du Poisson Blanc, j'avais été informé par M. Salter qu'il avait lui-même, constaté en traçant la ligne méridienne une attraction magnétique locale et il avait exprimé l'opinion qu'elle devait être causée directement par l'existence d'un fort massif de fer. Par suite, lorsque j'arrivai à l'endroit indiqué par M. Salter, je me livrai à un examen très attentif non-seulement dans la direction du méridien mais encore de chaque coté et il résulta de mon examen que l'attraction magnétique, que je trouvai obsolument conforme aux indications de M. Salter, était due à la présence d'un gros massif de trapp magnétique.

" Je constatai que la boussole, en traversant ces crêtes de trapp, déviait en certains endroits de plus de dix degrés de sa vraie direction et qu'en

(1) Rap. Comm. Géol. Can. 1853-56.

un certain endroit, elle subissait une déviation de quinze degrés à l'ouest du méridien vrai ou s'écartait d'environ douze degrés du nord vrai magnétique. Des échantillons de ce trapp ont été remis à M. Hunt pour qu'il en fasse l'analyse et le résultat de ses recherches indique qu'il contient du minerai de fer magnétique et de la pyrite de fer magnétique disséminées généralement dans la roche, cette dernière très finement grenue du fer titané a été trouvé associé au minerai magnétique et une petite quantité de nickel et de cuivre est associée à la pyrite. Il est à remarquer que malgré l'influence puissante de ce massif magnétique qui cause l'attraction locale, le contact direct de ses fragments avec la boussole, tout en produisant un léger effet, occasionne rarement une déviation notable de l'aiguille."

La ligne méridienne dont il est parlé dans ce qui précède était celle qui portait à une certaine époque le nom de "Méridien de Salter" et la position exacte de ces affleurements de trapp mineralisé se trouve sur cette ligne, dans la première concession, sur la frontière limitrophe des townships de Snider et de Creighton. On voit par suite que, même au début de son histoire, l'existence du nickel dans cette région était connue de la Commission Géologique et que ses membres avaient indiqué la probabilité de la découverte de gisements exploitables.

Les années se passèrent et les difficultés d'accès étaient telles qu'elles découragèrent les prospecteurs et empêchèrent toute exploration et tout examen détaillé, et c'est seulement en 1883, lorsque le chemin de fer Canadien du Pacifique fut construit que survinrent les premières découvertes de quelques importance. Depuis lors, toute la zone du district de Sudbury caractérisée par la présence de roches Huroniennes a été parcourue en tout sens par des prospecteurs et des mineurs acharnés dans leurs recherches

Un simple accident comme il en arrive fréquemment dans les régions d'établissements nouveaux provoqua la première découverte importante. Le juge McNaughton ancien magistrat stipendiaire de Sudbury s'était perdu dans les bois à l'ouest de la ville et immédiatement des recherches furent organisées. Un groupe composé du Dr Howey et de deux autres personnes trouva le juge assis sur une petite éminence qui marquait alors l'emplacement de ce que l'on appelle aujourd'hui la mine Murray. Tous les amis du Dr Howey connaissent bien ses instincts de curiosité naturelle et son goût pour la géologie et il n'est pas étonnant qu'une fois rassuré sur le sort du juge son attention se soit portée sur les roches environnantes. En examinant le monticule sur lequel s'était reposé le marcheur fatigué, il remarqua que la roche

(1) Rap. Comm. Geol. du Can. 1848-49.

dont il était formé contenait d'abondantes imprégnations de ce qui paraissait être un minerai de cuivre ayant de la valeur. Un examen encore plus attentif l'eut bien vite convaincu qu'il avait découvert une mine et s'empressant de recueillir quelques échantillons significatifs il les montra aux docteurs Girdwood et Selwyn qui se trouvaient justement dans le voisinage et qu'il considérait l'un et l'autre comme parfaitement aptes à se prononcer avec autorité sur la valeur économique et sur les perspectives de sa trouvaille. Le Dr Girdwood, nous le ferons remarquer, était alors un des principaux médecins du chemin de fer Canadien du Pacifique et faisait autorité dans les questions de chimie et de minéralogie. Le Dr Selwyn, alors directeur de la Commission Géologique accompagnait le Dr Girdwood afin d'avoir les moyens de transport nécessaires pour se livrer à une reconnaissance géologique de l'étendue avoisinant le chemin de fer. A la grande surprise du Dr Howey ils l'informèrent que la pyrrhotine, qui constituait une si forte proportion de les échantillons soumis, était virtuellement sans valeur et que le seul métal d'importance qui pût exister dans un minéral de ce genre était le nickel et que l'expérience déjà acquise avec des minerais analogues du Canada et d'ailleurs leur avait appris qu'il se trouvait toujours en quantité si minime que l'exploitation ne pouvait pas en être profitable. S'occupant ensuite de la chalcopyrite qui était aussi représentée dans ses échantillons, ces deux messieurs tombèrent d'accord que bien que ce fût un minerai de cuivre ayant de la valeur, le minerai ne se présentait pas en quantité suffisante pour que cela valût la peine de l'exploiter. Profondément convaincu de la justesse de leur avis, mais assez désappointé de ces résultats inattendus, le Dr Howey ne s'occupe pas d'avantage de la question, raillant en lui-même les efforts ardents et persistants de ceux qui cherchaient à intéresser des capitalistes aux immenses perspectives économiques de ces gisements et de ceux qui furent découverts par la suite. On peut donc comprendre son chagrin et participer à sa mortification quand les événements démontrèrent par la suite que ces deux messieurs dont les connaissances scientifiques ne peuvent pas être mises en doute avaient été beaucoup trop pressés de se prononcer ; bien que, d'après les données de leur vaste expérience quant à la composition des pyrrhotines en général, ils eussent parfaitement le droit d'exprimer cette opinion.

Au commencement de l'année 1884, le chemin de fer Canadien du Pacifique ouvrit une tranchée pour sa ligne principale au travers de cette petite éminence (Mine Murray) à 3 milles et demi au nord-ouest de Sudbury et le 12 juillet de la même année, le Dr Selwyn examina soigneusement l'emplacement et affirma quelques années plus tard à l'au-

teur de ce rapport qu'il avait alors déclaré que le filon promettait plus qu'aucun autre qu'il eût encore jamais vu en Canada. Cependant cette opinion ne fut pas rendue publique ; il est fort possible que les plus grandes facilités d'examen résultant de l'ouverture de la tranchée par le chemin de fer et l'étendue du massif, mis ainsi au jour, aient modifié son jugement antérieur sur le gîte de minerai en question. (1)

D'autres découvertes se produisirent ensuite et les mines McConnell Lady Macdonald, Stobie, Blezard, Copper Cliff et Evans furent toutes jalonnées. Au début les idées les plus fantastiques eurent cours quant à l'étendue de ces gisements, et les rapports des plus extravagants furent mis en circulation quant à leur valeur. On affirmait même en toute confiance que ces découvertes immensément importantes allaient révolutionner tout le commerce du cuivre et rendre l'exploitation des autres mines actuellement en opération absolument inutile et ruineuse. Des collines mamelonnées de roche décomposée indiquant l'existence de minerai plus solide et non décomposé en dessous, se présentent à certaines intervalles sur des milles de distance dans la direction du sud-ouest et concordent à peu près avec l'allure des roches stratifiées ou feuilletées des environs. Cette circonstance paraît avoir suffi aux premiers découvreurs pour décrire les gisements comme de vraies montagnes de minerai solide de plusieurs milles d'étendue et de centaines de pieds d'épaisseur. Dans l'intervalle qui s'était écoulé après la première découverte, les prospecteurs n'étaient pas restés inactifs et leurs efforts avaient été récompensés par la découverte de trois grandes zones ou massifs de norite sulfurifère. Jusqu'à ces derniers temps elles avaient été regardées comme absolument séparées et complètement distinctes les unes des autres, mais les derniers travaux géologiques tendent à les rattacher comme formant une bande ellipsoïdale continue dont la portion centrale est occupée maintenant par des ardoises tuffacées et des grès qui ont été coloriés provisoirement sur la carte comme étant de l'époque Cambrienne.

---

(1). Un échantillon recueilli dans le temps par le Dr Selwyn dans la tranchée pratiquée sur la voie au travers de la mine Murray fut examiné par le Dr Murray qui dit : " Il consistait en pyrite magnétique et pyrite de cuivre associées à une diorite gris foncé à grains fins et à un schiste chloritique vert grisâtre ; quelques uns des morceaux en petit nombre étaient partiellement enduits de peroxyde de fer hydraté, quelques spécimens de pyrite magnétique de ce gisement contenaient de nombreuses écailles de molybdénite. L'échantillon a été trouvé contenir après dissication à 100° C. (Humidité=0·085 p. c.)

Fer	27.35
Cuivre	9.08
Soufre	18.69
Matières insolubles (gangue)	36.63
Or	Simples traces.
Argent	2·187 onces à la tonne de 2,000 livres.

(Rap. Ann. Comm. Geol. C. Vol I., 1885, Partie M.)

L'histoire du développement de l'exploitation de la région de Sudbury coïncide dans ses grandes lignes avec celle de la Canadian Copper Company, car ce fut la première combinaison de capitaux qui entreprit sérieusement l'exploitation industrielle de cette étendue et de plus elle a l'honneur d'être la seule corporation qui ait poussé ses opérations sans interruption sérieuse, depuis le commencement jusqu'à l'époque actuelle.

La mine McAllister, appelée plus tard mine Lady Macdonald (maintenant mine n° 4 du groupe de la Canadian Copper Company) située sur le côté nord du lac du même nom, sur le lot 1 de la concession III du township de Snider, fut la première propriété sur laquelle des travaux furent entrepris dans l'été de 1885 ; bien que, un peu plus tard, à l'automne, la mine Evans, deux milles et demi plus au sud, dans le même township, ait été ouverte et que des essais préliminaires y aient été exécutés. Le 5 janvier 1886, la Canadian Copper Company fut constituée avec un capital souscrit et payé de $2,000,000 qui fut porté plus tard à $2,500,000 pour exploiter les mines de Copper Cliff. Stobie et Evans.

Le 1er mai 1886, les travaux furent commencés sérieusement à Copper Cliff près de l'extrémité septentrionale du lot 12, concession II du township de McKim et les premières expéditions de minerai provenant de cette région furent extraites des excavations superficielles de la mine de Copper Cliff primitive. Plus tard, dans la même année, les mines Stobie et Evans furent ouvertes toutes les deux et ces trois mines réunies fournirent tout le minerai traité aux usines de Copper Cliff jusqu'à l'année 1898. Le premier haut-fourneau installé à l'ancienne usine ou Usine de l'Est fut mis en marche le 24 décembre 1888, et on ajouta bientôt dans le même bâtiment, un autre haut-fourneau qui commenca à fonctionner le 4 septembre 1889. En 1896 et 1897, des travaux d'exploration au foret diamanté furent entrepris dans les gisements connus plus tard sous la désignation de mines N° 1 et N° 2 avec leurs prolongements et en 1898 beaucoup de ces excavations produisirent une grande quantité de minerai de haute teneur; mais, à l'exception du gisement N° 2, on ne rencontra apparemment pas de gisements très considérables ou continus, car ils furent tous abandonnés et sont maintenant complètement démantelés. Vers la même époque, ce qui est maintenant le plus grand puits à ciel ouvert de tout le groupe des mines de Copper Cliff (N° 2) fut commencé activement et fournit bientôt une très grande quantité de minerai qui cependant contient une adjonction considérable de matières rocheuses. La mine Evans, en dépit d'interruptions assez sérieuses, continua à fournir du minerai jusqu'à

la fin de 1899, époque à laquelle elle fut fermée et, selon toutes les apparences abandonnée complètement. Les machines, les chaudières et autres appareils furent enlevés et les rails de l'embranchement qui reliait la mine à la ligne-mère du chemin de fer ont tous été emportés et employés autre part. Dans l'automne de 1899, on se prépara à creuser la mine Frood (N° 3) située un peu plus d'un mille au sud ouest de la mine Stobie, sur le lot 6, concession VI du township de McKim et au commencement de 1900, cette mine vient s'ajouter à la liste des mines productives. En 1899 et dans les campagnes suivantes beaucoup des excavations au nord ouest de la mine N° 2 et quelques uns des forages et des puits connus sous le nom de groupe des mines Clarabelle furent exploités à différentes reprises et apportèrent un contingent sérieux aux réserves de minerai, mais ils furent tous fermés au printemps de 1902, quand les opérations de la compagnie furent restreintes en attendant sa réorganisation et le groupement de certains intérêts. En juillet 1900, les travaux de dépouillement superficiel de la mine Creighton furent commencés et au mois d'août de l'année suivante le minerai fut envoyé pour la première fois aux chantiers de grillage de Copper Cliff. La mine Creighton est certainement la mine la plus considérable que l'on connaisse actuellement dans la région et dès le début de son exploitation elle a produit une très grande quantité de sulfures presque purs avec peu ou point de mélange rocheux. Ces sulfures sont d'autant plus précieux qu'ils contiennent un très fort pourcentage de nickel avec une proportion beaucoup plus faible de cuivre. La mine est située dans la moitié septentrionale du lot 10, concession I du township de Snider à six milles environ à vol d'oiseau à l'est de la station de Copper Cliff. Le minerai, une fois extrait est transporté en wagons par le Manitoulin and North Shore Railway, sur le côté nord duquel la mine est située, jusqu'à la Jonction de Clarabelle où la ligne se raccorde avec le chemin de fer dont la Canadian Copper Company est propriétaire. Avant l'ouverture de la mine Creighton, la Stobie avait l'honneur d'avoir fourni la plus grande quantité de minerai de toute les mines de la Canadian Copper Company et, sauf quelques arrêts insignifiants, cette mine avait été continuellement en exploitation, depuis la date de son ouverture en 1886, jusqu'au mois de novembre 1901, époque où elle fut fermée pour ne plus se rouvrir. La raison de cette fermeture ne paraît pas être que l'on avait atteint la limite du gisement mais c'est que le minerai produit n'a pas la qualité requise pour les travaux de fonte actuelle. La mine Creighton est à présent la principale source d'approvisionnement et avec le présent aménagement elle peut donner de 500 à 600 tonnes de minerai par jour. Le Dr. Coleman affirme

qu'à une certaine époque, en 1902, la production de la mine a atteint 17,000 tonnes par mois. L'ancienne mine, ou mine primitive de Copper Cliff continue toujours à fournir un millier de tonnes par mois, extraites principalement des 13e et 14e niveaux, le travail se faisant en ce dernier endroit à 1,052 pieds au dessous de la surface, cependant à cette profondeur même, le gîte de minerai ne donne aucun indice d'appauvrissement ni en dimension ni en teneur. La mine No. 2 et la Frood (No. 3) complétent la liste des mines qui fournissent actuellement du minerai. Les mines de cette compagnie qui ne sont pas exploitées maintenant ne doivent pas être considérées toutes comme abandonnées permanemment ; mais les excavations actuellement exploitées fournissent amplement tous les matériaux nécessaires en sulfures des différentes catégories convenant aux opérations de fonte.

L'activité des opérations à Copper Cliff et l'augmentation constante de production du minerai a nécessité des additions importantes à l'aménagement des hauts-fourneaux et la construction de bâtiments nouveaux pour loger convenablement ce nouveaux hauts-fourneaux. Nous voyons donc que, en plus de l'agrandissement de l'ancienne Usine de l'Est où trois nouveaux hauts-fourneaux ont été installés, avec les deux qui existaient déjà, un édifice entièrement nouveau appelé Usine de l'Ouest a été érigé en 1899. Le bâtiment devait primitivement contenir seulement quatre hauts-fourneaux, mais il a bientôt fallu l'agrandir et faire place pour un nombre double. L'emplacement de ce nouvel édifice a été choisi sur le versant de la colline, à 300 pieds environ au sud-est de la chambre aux roches de la mine N° 2 ; la profonde vallée qui se trouve au sud fournit un déversoir commode et vaste pour la scorie.

Depuis l'inauguration de cette usine, celle de l'Est, à l'extrémité de l'exploitation a été graduellement abandonnée et beaucoup de l'ancien matériel a été transporté dans les nouveaux bâtiments. Les travaux faits en cet endroit depuis la suspension des opérations au commencement de 1902 ont été assez spasmodiques et ont constitué surtout dans la production de matte de basse teneur que l'on appelle " Matte divisée." (*Split Matte.*)

Aussi plusieurs de ces hauts-fourneaux ont-ils été employés depuis le mois de juin 1902 jusqu'à la fin de l'année à produire à ce genre de matte. De plus deux des fourneaux ont servi, de temps à autre à faire des expériences sur le moyen de fondre le minerai pyritiquement. On espère pouvoir par ce procédé réduire le coke à 3 ou 4 p.c. de la charge en utilisant un courant d'air chaud et une atmosphère oxydante dans le haut-fourneau et en se servant, pour la fusion, de la chaleur produite par la combustion du soufre et du fer du minerai. Dans

l'automne de 1902 l'Orford Copper Company, organisation liée intimement à la Canadian Copper Company, a installé les Ontario Smelting Works. Ces ateliers sont destinés à raffiner davantage la première matte ou de basse teneur produite par les hauts-fourneaux de la Canadian Copper Company, en employant comme fondant le minerai siliceux de la Massey Copper Mine.

L'événement le plus important peut être dans le développement de l'industrie du nickel dans cette région et ailleurs est survenu en avril 1902 lorsque, après des négociations qui durèrent plusieurs mois, l'International Nickel Company fut organisée en vertu des lois du New-Jersey pour amalgamer et contrôler la production du nickel dans le monde entier. Les mines suivantes furent englobées dans la nouvelle organisation : la Canadian Copper Company ; l'Orford Copper Company avec usine de réduction à Bayonne N. J. ; l'Anglo-American Iron Company et la Vermilion Mining Company au Canada ; l'American Nickel Works à Camden, N.J. ; la Nickel Corporation Limited et la Société Miniere Calédonienne, en Nouvelle Caledonie. Durant les années 1902 et 1903, les opérations d'extraction avaient été considérablement restreintes, sauf à la mine Creighton où les travaux ont toujours été actifs dès l'ouverture. Ceci a permis certaines explorations nécessaires dans les gisements au moyen du perforateur diamanté ou de puits d'essai. Les résultats de ces expériences ont considérablement augmenté la somme de connaissances acquises, non-seulement à l'égard des dimensions et de la forme des gisements déjà connus, mais elles ont réussi à révéler la présence de gîtes considérables de minerai dont l'existence n'était pas même soupçonnée.

Voici en peu de mots le bilan des principaux événements qui se sont produits dans le développement des opérations minières et métallurgiques de cette compagnie pionnière de l'industrie du nickel au Canada. Dès le début, son travail a été basé sur des méthodes énergiques et pratiques et si maintenant elle paraît avoir accaparé plus que sa part légitime de l'étendue nickelifère disponible, ce qui comprend également beaucoup des mines produisant les plus grandes quantités de minerai de haute teneur en nickel, c'est un résultat qui ne peut pas être attribué au hasard ni à une succession d'évènements heureux. On doit au contraire y voir une preuve manifeste de prévision habile et d'instinct pratique chez les organisateurs de l'entreprise et la récompense d'une confiance inaltérable dans la constance de l'exploitation du nickel dans cette région.

Il ne faut pas croire cependant que tous les gisements disponibles ou même importants de sulfures nickelifères et cuprifères sont passés aux

mains de l'International Nickel Company ; car, en plus des mines Victoria, de la Mond Nickel Company, qui contiennent encore une provision très considérable de minerai de haute teneur, il y en a encore beaucoup d'autres dans la région qui sont susceptibles d'exploitation industrielle à titre plus ou moins permanent. Les suspensions d'opérations si souvent enregistrées dans l'historique du développement minier de cette région n'indiquent pas, dans tous les cas, ni même dans la majorité des cas, l'épuisement du massif de minerai, mais elles doivent beaucoup plus souvent être attribuées à un gaspillage d'argent causé par défaut de jugement ou manque d'une connaissance technique des difficultés que l'on rencontre dans les opérations d'extraction et de fusion. De plus, beaucoup de ces gisements ont été condamnés parce que leur rendement n'était pas proportionné au capital employé, tandis que celui-ci avait été entièrement consacré à des expériences coûteuses pour découvrir des procédés de fonte et de raffinage. L'expérience du passé dans cette région démontre que la réussite et la constance dans les opérations de fonte et d'extraction d'une compagnie ne peuvent s'obtenir que par la possession de réserves considérables de minerai qu'il vaut mieux extraire de mines et de gisements différents. De cette façon on s'assure non-seulement un approvisionnement constant de minerai, mais encore une diversité avantageuse de composition qui permet de choisir judicieusement les différentes teneurs, dont le mélange en proportions convenables rend la fonte plus facile et plus économique.

En plus de ces gisements qui sont encore disponibles le long de la zone Méridionale, et dont la plupart sont dans un état plus ou moins avancé de développement, il y a d'autres gîtes de minerai apparemment très considérables et très importants, situés dans la zone Médiane (township de Lavack) et encore d'autres dans la zone Septentrionale du nickel qui méritent certainement d'appeler l'attention et qui paraissent destinés à courte échéance à être exploités comme mines. Le manque de moyens de transport a jusqu'à présent empêché d'exécuter des travaux d'excavation profonds mais les indications superficielles et les conditions géologiques sont absolument favorables à l'existence de forts gisements de minerai qui, sans atteindre les proportions phénoménales de la mine de Creighton peuvent cependant avoir une importance suffisante pour constituer des mines rémunératrices.

Henry H. Vivian & Co.

Nous avons raconté les incidents qui ont signalé la découverte du gisement connu plus tard sous le nom de mine Murray et nous avons

aussi signalé le fait qu'il avait été localisé un an avant la mine de Copper Cliff et celle de Stobie. En dépit de cette circonstance et de sa proximité de la ligne-mère du chemin de fer Canadien du Pacifique aucune exploitation notable de cette propriété ne s'est faite avant le commencement de l'année 1889. Mais pendant toute cette saison elle a été explorée, sous promesse de vente, par la Cie H. H. Vivian & Co de Swansea, Pays de Galles et au mois d'octobre de la même année ses propriétaires la vendirent en bloc à cette compagnie. La mine est située dans la moitié septentrionale du lot 11, con. V, du township de McKim. Toutes les machines nécessaires, tous les bâtiments et annexes furent construits et mis en place et la compagnie se trouva en mesure de pousser ses opérations d'exploitation sur une grande échelle.

Le premier haut-fourneau de la mine Murray fut allumé vers la fin de septembre 1890 et mis en œuvre avec quelque minerai qui avait été préalablement grillé. La coutume généralement suivie par cette compagnie consiste à produire une matte de haut-fourneau à teneur relativement basse (contenant en moyenne 9·4 p.c. de nickel et 4·7 p.c. de cuivre) pour empêcher une perte indue des métaux dans la scorie, et ensuite, de bessemeriser cette matte en une seconde matte plus riche (contenant en moyenne 75 p.c. des métaux combinés ou environ 49 p.c. de nickel et 26 p.c. de cuivre). Pour ce second enrichissement du contenu métallique les Vivians ont été les premiers à employer en 1891 les fours Manché ou convertisseurs. Les travaux d'extraction et de fusion furent continués, sauf certaines interruptions de minime importance de 1889 à 1894 et alors la mine fut finalement fermée. Entre le mois d'août 1896 et le mois de janvier 1897, cependant, les usines de fusion furent employées à fabriquer de la matte avec 6,000 tonnes de minerai environ qui avaient été grillées par les Vivians. Le produit de ces opérations fut envoyé à M. Joseph Wharton, de Camden, N.J. à qui il avait été vendu.

L'achat de la mine Murray par cette vieille maison si solide et si connue de fondeurs gallois avait été regardée comme un événement notoire dans l'histoire de l'exploitation du nickel au Canada. Leurs connaissances étendues dans toutes les branches de l'industrie métallurgique paraissaient de bonne augure pour la réussite finale, non-seulement à cause de leur activité personnelle, mais parce que leur présence même, dans la région, promettait d'aider beaucoup les autres entreprises qui se livraient également à l'extraction et à la fonte de ces sulfures de nickel et de cuivre. Les difficultés qui se présentent toujours au début d'entreprises nouvelles, s'étaient fait jour dès qu'on avait commencé l'exploitation industrielle du nickel et leur solution deman-

dait justement la maturité de connaissances techniques que possédaient certainement les Vivians. De plus, une consécration aussi éclatante du succès et de la constance de l'exploitation du nickel au Canada, de la part d'une maison dont les opérations d'extraction et de fonte s'étendaient sur le monde entier ne pouvait manquer d'avoir une influence marquée sur toutes les entreprises minières subséquentes de cette région. Ce fut donc avec un amer désappointement, pour ne pas dire plus, que l'on constata dès le début un manque apparent d'énergie et souvent même une absence totale de l'habileté pratique la plus ordinaire de la part de ceux qui avaient la direction des travaux ; d'autant plus que le contraste était frappant en face des méthodes vigoureuses qui caractérisaient les travaux de la compagnie rivale, la Canadian Copper Company. Ces défauts éclataient dans toutes les branches du travail et le public qui les observait pouvait difficilement comprendre l'absence évidente de connaissances techniques et d'habileté industrielle dont faisait preuve cette société sur laquelle on avait fondé de si belles espérances. D'un autre côté ceux auxquels avait été confiée la direction des affaires de la mine se plaignaient que les autorités en Angleterre ne portaient pas assez d'intérêt ou d'attention à la mine. Quelles qu'aient été la cause réelle ou la combinaison de causes qui amenèrent l'insuccès, il est bien certain que l'entreprise ne réussit pas comme on l'espérait et comme on pouvait s'attendre raisonnablement qu'elle réussît. La décision finale de la compagnie de fermer la mine et de cesser ses opérations minières en Canada porta un coup sérieux à tous ceux qui étaient intéressés à voir l'exploitation du nickel s'établir d'une façon durable dans le pays. Comme on le voit, l'échec de cette entreprise ne peut pas être attribué, comme quelques-uns le supposaient, à la diminution de la profondeur du gîsement, ni au mélange trop abondant de matières rocheuses, bien que ces raisons aient certainement contribué jusqu'à certain point à ce résultat regrettable. Il paraît très raisonnable de supposer qu'il existe encore une quantité considérable de minerai à la fois au niveau inférieur de la mine et aussi en dessous de ces excavations, à des profondeurs qui n'ont pas encore atteintes par les explorations entreprises jusqu'à ce jour, et ces gîsements pourraient être exploités avantageusement en même temps que d'autres. A ce point de vue, les Vivians ne jouissaient pas du même avantage que leurs concurrents, la Canadian Copper Company, dont les minerais des différentes mines sont de composition et de nature variées ce qui permet et même provoque le genre de mélanges qui paraissent essentiels pour la fonte profitable et économique de ces minerais de sulfures. En plus de la mine Murray, les Vivians possédaient le gisement de nickel et

de cuivre connu sous le nom de mine Lady Violet, située sur la moitié nord du lot 1, con. IV, du township de Snider, un mille et demi à peu près au sud ouest de la mine Murray. Les travaux entrepris en cet endroit ont consisté principalement en dépouillements, sondages d'essai et autres travaux de développement préliminaires. Un atelier de forge et quelques résidences temporaires sont les seules constructions qui aient été érigées.

Des recherches assez considérables furent entreprises subséquemment au perforateur diamanté sur les ordres du Bureau de direction d'Angleterre, aux mines Murray et Lady Violet ; malheureusement le choix des emplacements et les angles d'inclinaison et de direction des sondages furent aussi déterminés par ces mêmes directeurs d'Angleterre qui n'avaient pour les guider dans leur choix que les cartes des mines en question et qui agissaient sans connaître à fond les conditions géologiques des endroits désignés. Comme on pouvait bien s'y attendre, avec des opérations menées dans des conditions aussi défavorables, on ne rencontra aucun gisement important et on n'en retira aucun renseignement qui pût être de quelque assistance soit pour les propriétaires soit même pour un acheteur possible. Le perforateur diamanté appartenait au gouvernement d'Ontario et fut prêté aux Vivians aux conditions ordinaires d'emploi en 1898. Les sondages commencèrent le 2 décembre 1898 et les travaux se continuèrent jusqu'au 16 juin 1899, le nombre de jours consacrés au forage ayant été exactement de 212 journées de 10 heures chacune. Huit puits en tout furent foncés, atteignant une profondeur totale de 1146 pieds au prix moyen de $2 65 le pied.(1)

Depuis l'abandon des travaux actifs la mine est restée sous la garde de M. G. H. Behema, qui a été constamment occupé à surveiller les bâtiments et les machines et une pompe a toujours tenu les différents niveaux relativement à l'abri de l'invasion de l'eau.

Dominion Mineral Company.

La Dominion Mineral Company a commencé ses travaux dans l'été de 1889 sur un gisement de nickel et de cuivre appelé mine Blezard qui se trouve sur le lot 4, concession II du township de Blezard à un mille et quart au nord de la mine Stobie, au bord méridional de la Zone Principale ou Méridionale de norite qui vient là en contact avec des diorites plus anciennes et des schistes amphiboliques. Une usine de fusion fut aussitôt construite avec des fournaux d'une capacité de 120 à 150 tonnes par jour. Quatre puits furent foncés sur cette mine et le plus profond paraît avoir atteint 172 pieds en dessous de la sur-

(1) Ann. Rep. Bur of Mines, Ont. 1901, pp. 53 et 56.

face. Cependant la plus grande partie du minerai paraît avoir été extraite d'une série de grands puits à ciel ouvert qui sont à présent remplis d'eau. Les " kies " ou portion métallique du minerai ainsi obtenu paraîssent avoir contenu en moyenne 4 p.c. de nickel et 2 p.c. de cuivre. Pour des raisons différemment données, les travaux d'exploitation ont été abandonnés dans l'été de 1893 et n'ont pas été repris depuis. L'une des usines a cependant marché jusqu'au mois de juillet 1898 avec du minerai provenant surtout de la mine Worthington. Il est difficile de déterminer exactement la quantité de minerai extraite, mais on est certainement au-dessous du chiffre en l'évaluant à cent mille tonnes. La mine Worthington qui est aussi exploitée par la même compagnie est située à la station du même nom, sur l'embranchement du Sault du chemin de fer Canadien du Pacifique, à vingt-cinq milles à l'ouest ds Sudbury. La mine elle-même consiste en deux puits et se trouve auprès de la ligne de démarcation des lots 1 et 2 de la con. II, du township de Drury. Elle a été découverte au moment de la construction de cet embranchement par M. James Worthington, l'un des entrepreneurs du chemin de fer. Les travaux réels d'exploitation ont commencé dans l'été de 1890 et se sont continués sans beaucoup d'interruption jusqu'au milieu de septembre 1894 ; les travaux ont alors cessé et, depuis, aucun travail sérieux n'a été exécuté, sauf qu'en 1902, la mine a été mise à sec pour en permettre l'inspection. Des deux puits dont l'un a atteint une profondeur de 100 pieds et l'autre une profondeur de 175 pieds au-dessous de la surface, ainsi que des deux échelons voisins et des niveaux qui les relient, on a extrait une quantité considérable de minerai d'une teneur exceptionnellement riche, quantité que le Dr Coleman porte à 25,000 tonnes. La pyrrhotine que l'on trouve dans cette mine est souvent extraordinairement riche en nickel ce qui est dû à la présence de pentlandite abondamment disséminée et ce minéral a été pour la première fois observé dans cette région par le Dr T. L. Walker dans du minerai de cette mine que lui avait procuré l'auteur de ce rapport en 1891, ainsi que nous l'avons déjà dit. L'analyse de cette pentlandite par M. Walker a donné 30 p.c. de nickel, mais l'examen de quelques gros massifs de minerai extraits à une profondeur de 85 pieds au-dessous de la surface et consistant eu pyrrhotine avec une forte proportion de pentlandite facilement reconnaissable, a donné 17-48 p.c. de nickel. En 1891, il a été expédié de cette mine 123 tonnes de minerai brut qui contenait 10 p.c. de nickel et 3 p.c. de cuivre. On a obtenu aussi de gros massifs de chalcopyrite virtuellement pure et M. Atwood, l'administrateur affirme qu'il a été expédié beaucoup de ce minerai donnant à l'essayage 18 p.c. de cuivre et 2·5 p.c. de nickel.

Dans l'automne de 1895, cette même compagnie exécuta quelques travaux d'exploitation à la mine Cameron sur le lot 7, concession I du township de Blezard, près de deux milles au sud-ouest de la mine Blezard. Un puits a été foncé à une profondeur de 65 pieds avec une galerie d'allonge de 66 pieds de longueur. Il est bien difficile de déterminer quelle a été la vraie raison de la cessation des travaux aux mines Worthington et Blezard, mais la mauvaise administration est en grande partie la cause de l'insuccès de beaucoup de ces entreprises minières. Les membres de la compagnie pris individuellement disent que l'inactivité présente est due à l'impossibilité où se trouve le bureau de direction de prendre une décision et expriment le désir de vendre.

Quelques unes des autres compagnies qui se sont livrées pendant quelque temps à l'extraction et même à la fonte lorsque cette région a été reconnue comme ayant une importance minière méritent d'être signalées en passant.

L'une d'entre elles, l'Algoma Nickel Company, ayant obtenu en 1891 une promesse de vente des propriétaires a foncé quatre puits d'une profondeur de 12 à 35 pieds chacun et faisant en tout 84 pieds, en plus de quelques excavations de moindre importance ou puits d'essai, sur le lot 11 con. V du township de Lorne. Ces travaux n'ont pas fait découvrir de massif de minerai considérable, les sulfures se présentant sous forme d'imprégnations extraordinairement riches en teneur qui, si elles persistaient pourraient avoir une valeur industrielle. La présence de ces sulfures se rattache à ce qui semble être le prolongement sud-ouest du massif ou bande de norite sur lequel sont situées les mines Worthington et Mitchener. Les travaux ont été abandonnés et l'on a laissé des monceaux de minerai représentant près de 500 tonnes. Les essais faits au laboratoire de la Commission sur un échantillon moyen ont indiqué 1.95 p.c. de nickel avec des traces de cobalt.

La Drury Nickel Company a acheté en 1890 le gisement appelé mine Chicago ou Travers et en a commencé activement l'exploitation en février 1891. Cette mine est située sur le lot 3, con. V du township de Drury à cinq milles environ au nord de la station de Worthington, sur l'embranchement du Sault du C. P. Ry. La plupart du minerai a été extrait de tranchées à ciel ouvert dont l'une a une profondeur de 30 pieds avec une longueur de 60 et une largeur de 30, au fond de laquelle un puits de 8 pieds par 12 a été foncé à une profondeur de 60 pieds. Un autre puits à ciel ouvert mesurait 40 pieds de longueur, 80 pieds de largeur et 30 pieds de profondeur. On a retiré de ces excavations 3500 tonnes de minerai qui a été réduit dans un fourneau à chemise d'eau capable de traiter 60 tonnes par vingt-quatre heures. Un

chantier de grillage avait été préparé, des bâtiments convenables avaient été érigés et le matériel nécessaire avait été installé pour une exploitation permanente, mais en dépit de tout cela, la mine a été fermée en 1892. En 1893, après un arrêt de près d'une année, on a repris quelques travaux d'extraction et de fonte qui ont été encore abondonné.s Le 20 mai 1896, les travaux ont été encore repris, la compagnie s'étant réorganisée sous le nom de Trill Nickel Mining and Manufacturing Coy et le gisement lui-même avait changé de nom pour s'appeler mine Inez. Un tramway aérien de 4 milles et demi de longueur avait été construit depuis la station de Worthington, pour transporter les matériaux à la mine et les produits de la mine à la station. Un seul cheval, avec cette installation, pouvait traîner deux wagonnets contenant chacun deux tonnes et faire ainsi deux fois par jour le voyage aller et retour. L'extraction et la fonte reprirent avec ardeur pendant quelque temps, mais avant le mois d'août 1897, les travaux étaient encore arrêtés et depuis ils n'ont pas été repris.

On parle de temps à autre des "Big Levack properties," c'est ainsi qu'on désigne certains gisements de pyrrhotine nickelifère qui ont été découverts au début de l'histoire de cette région dans le township de Levack mais aucun n'a été suffisamment exploité pour pouvoir s'appeler "mine". De temps à autre cependant des travaux considérables et des examens ont été faits en vue d'achat, mais pour diverses raisons, ces propriétés sont restées inexploitées jusqu'en 1901, sans aucun indice actuel de réouverture prochaine. Les gisements en question sont situés le long du raccordement septentrional de ce que l'on appelle l'éruptive du lac des Vents *(Windy lake)* ou Zone Médiane et de la norite nickelifère bien qu'il soit possible qu'elle fasse partie d'une énorme bande ellipsoïdale et soit la continuation sud-ouest de la Zone Septentrionale du Nickel. Les indications superficielles sont indubitablement les meilleures du district et les travaux accomplis jusqu'à présent ont mis à découvert une très grande quantité de pyrrhotine nickelifère presque pure avec peu ou point de mélange rocheux. Le gîte de minerai présente en plus cet avantage que la chalcopyrite constitue une petite proportion seulement du tout. Les premiers travaux d'exploration et probablement les plus complets qui se soient accomplis sur cette propriété ont été entrepris en 1891 et un rapport a été préparé pour les propriétaires par M. A. Merry de la H. H. Vivian and Coy. Les travaux consistaient en dépouillements étendus, dans l'enlèvement de portions de matériaux de transport sus-jacents, dans l'excavation de nombreux travers-bancs, de tranchées et de puits d'essai. La moyenne des essais d'un certain nombre d'échantillons-types exécutés par M.

Merry a dénoté la présence de 3.86 p.c. de nickel dans la pyrrhotine avec 0.81 p.c. de cuivre. Les essais faits au laboratoire de la Commission indiquent que le nickel varie de 1.96 à 4.13 pour cent ; le minerai donnant le chiffre le moins élevé contenait beaucoup de gangue et les plus hauts résultats ont été obtenus de pyrrhotine massive à grain grossier. Au commencement de 1901, quelques-uns de ces emplacements furent examinés et explorés au perforateur diamanté, en vertu d'une promesse de vente obtenue par la Mond Nickel Company, mais au grand désappointement de tous ceux qui s'intéressaient au progrès de la région, la compagnie renonça à sa promesse de vente et la propriété fut remise sur le marché. On serait évidemment mal fondé en règle générale de rejeter comme sans valeur les preuves tirées des recherches au perforateur diamanté, surtout si les travaux sont exécutés sous la surveillance d'hommes parfaitement expérimentés dans le mode de présentation de la catégorie de gisements à examiner, mais une inspection des travaux exécutés à cette époque, suffit à convaincre que beaucoup de ce qui s'est fait a apporté un faible appoint, si même il y a eu appoint quelconque, aux notions que l'on possédait déjà sur ces gisements et qu'en tout cas on aurait pu obtenir ces connaissances à beaucoup moins de frais. Nous ignorons donc encore absolument s'il y a ou non de grands gîtes ou des gisements constants dans ces endroits et, dans le premier cas, quelle peut être leur disposition la plus vraisemblable Tous les géologues qui ont visité la région surtout ceux qui sont bien au courant de cette contrée, sont d'accord pour penser qu'il doit se présenter de grands et riches gisements à cet endroit. La roche que l'on rencontre est la norite ordinaire à laquelle sont associées les autres mines de la région, le contact est bien et nettement déterminé et la différenciation est marquée. L'étendue occupée par la norite nickelifère est très considérable et l'on n'a pas trouvé d'autres gisements se rapportant à cette éruptive. L'angle de plongement vers le sud est extraordinairement aigue pour la région et ceci a dans une grande mesure entravé le succès des explorations. Les travaux d'exploitation ainsi que les forages exécutés au perforateur diamanté paraissent induire un observateur superficiel à conclure trop facilement que le gisement est en crêpe (*pancake*) et n'a ni épaisseur ni continuité. Une étude attentive de l'attitude des affleurements des roches et de leurs contours superficiels dans le voisinage direct des endroits qui avaient été choisis pour les forages, fait voir aisément que l'on ne doit pas s'attendre à y rencontrer des gisements profonds, mais d'un autre côté il paraît très rationnel de supposer que le gîte principal des sulfures est caché sous le transport à la base de la colline où l'on n'a

fait aucune espèce de forages Un puits foncé en cette endroit et continué avec le gneiss granitique comme mur, par des galeries conduites vers l'extérieur dans la direction du massif principal de norite, démontrerait d'une façon définitive et déterminée s'il existe un gîte de minerai considérable et continu le long de cette ligne de raccordement et en même temps fournirait une grande quantité de minerai qui pourrait ensuite être employé.

En 1891, un puits fut commencé sur la concession Davis appelée mine Sheppard ou Beatrice. Le gisement est situé le long du prolongement nord-est de la même ligne de raccordement que la mine Blezard entre la norite et la diorite Elle est sur le lot 1, Con. III du township de Blezard, à deux milles environ au nord de la mine Blezard à laquelle elle est reliée par une route charretière. Le puits de dix pieds par douze a été foncé à une profondeur de 100 pieds, avec trois petites galeries faisant en tout 34 pieds. Mais les travaux n'ont pas été continués depuis le mois d'avril 1893.

La même année (1891) un puits a été foncé et beaucoup de travaux d'exploitation ont été exécutés par la Emmons Metal Company, sur une propriété appelée plus tard la mine Macdonell ou à la Gersdorffite, située dans l'angle sud-est au lot 12, con. III du township de Denison et à un mille et demi environ au nord-est de la station de Worthington. Cet emplacement est fameux en ce qu'il a fourni les premiers spécimens des minéraux riches en nickel, niccolite et gersdorffite qui eussent été recueillis dans cette région ; mais comme on n'a pas pu trouver de gisement considérable, les travaux d'exploitation ont vite cessé.

En 1894, le gisement connu sous le nom de mine Trillabelle fut attaqué et un puits de 60 pieds de profondeur fut foncé dans le gisement. La mine est située sur les lots 10 et 11, con. III, du township de Trill et est reliée par une route charretière qui passe par la mine Inez ou Travers, à la station de Worthington, distante d'environ 13 milles.

En 1898, on commença à creuser le gisement qui a été appelé mine Kirkwood, situé sur le lot 8, con. III, du township de Garson, à la bordure méridionale de la lisière principale ou méridionale de norite le long de la même ligne de raccordement que les mines Blezard ou Beatrice. Trois puits furent foncés, le plus profond ayant un peu moins de 50 pieds. Une maison de pierre confortable fut construite ainsi que plusieurs autres bâtiments d'extraction, mais le manque de capitaux a empêché de pousser plus loin les travaux.

Le 5 octobre 1899, la Great Lakes Copper Company fut organisée et acheta la propriété appelée Mine Mount Nickel comprenant les lots 5 et 6, con. II, du township de Blezard. Elle acheta aussi ce que l'on

appelait la "Trill Property" consistant dans les lots 9 et 10, con. III et IV du township de Trill, district d'Algoma. La mine Mount Nickel fut choisie comme théâtre des premiers travaux et ce gisement fut exploité au moyen de deux tranchées à ciel ouvert et d'un puits qui atteignit une profondeur de 165 pieds avec certains niveaux et galeries. Toutes ces excavations ont fourni de grandes quantités de minerai. La mine fut outillée avec toutes les machines et appareils nécessaires pour l'exploitation en grand. Les ateliers de fonte furent érigé d'après des dessins originaux préparés par M. Anton Graf de Vienne et l'on se proposait de produire en une seule opération des mattes de haute teneur avec des minerais n'ayant pas subi de grillage préalable. Cette méthode de fusion échoua et en mai 1901, les travaux furent arrêtés. Ils n'ont pas été repris depuis.

A la fin de 1899, on annonça qu'une puissante compagnie portant le nom de Hoepfner Refining Company, se formait à Hamilton avec un capital de $10,000,000 pour raffiner les mattes cuivre-nickel et les minerais de zinc. Ces métaux devaient être extraits par la méthode électrolytique découverte par le Dr. Carl Hoepfner. La Nickel Copper Company de Hamilton formée à peu près en même temps devait fournir l'approvisionnement nécessaire de mattes cuivre nickel. Malheureusement, le Dr. Haepfner fut incapable de perfectionner son procédé au point de permettre son application industrielle sur une grande échelle et la Nickel Copper Company entreprit de pousser elle-même les expériences. Elle s'assura les services de M Hans A. Frasch qui inventa ce que l'on appelle le "Procédé Frasch". Cette méthode quoique praticable dans les conditions ordinaires des travaux de laboratoire, comme l'a prouvé la démonstration publique du 3 septembre 1900, n'était pas susceptible d'application commerciale. Les opérations de la Nickel Copper Company cessèrent en 1901, par suite de l'insuccès complet de la nouvelle installation de grillage automatique érigée près de la station de Worthington.

Lake Superior Power Company.

Après avoir ouvert sa manufacture de pâte à papier du Sault Ste-Marie, la Lake Superior Power Company se contenta, pendant quelque temps, de fabriquer de la pâte mécanique ; mais elle s'aperçut bientôt qu'il y avait une demande toujours croissante pour la pâte chimique et elle décida de se livrer à cette fabrication. La proximité des gisements de sulfures de Sudbury, fit immédiatement naître l'idée que le soufre nécessaire à la production de cette pâte pourrait fort bien être

extrait avec profit de ces minerais et en même temps fournir un produit secondaire de haute valeur. Les expériences préliminaires faites sur la pyrrhotine nickelifère démontrèrent que l'on pouvait au moyen du grillage extraire de ce minéral une quantité suffisante de dioxyde de soufre, tandis qu'en même temps le minerai grillé, ou résidu, constituant en substance, un mélange de fer et de nickel, avec seulement une proportion relativement faible de soufre pourrait être mêlé à de la chaux et du charbon de bois et fondu au fourneau électrique pour faire du ferro-nickel. On songeait alors à employer cet alliage à la production des rails d'acier qu'on avait l'intention de fabriquer en grande quantité. Une inspection de tous les gisements de pyrrhotine nickelifère disponibles parut indiquer que la mine appelée plus tard mine Gertrude était particulièrement adaptée au but qu'on avait en vue. La Lake Superior Power Company acheta donc la mine en 1899 et procéda immédiatement à exploiter des gisements qui se trouvent sur la moitié sud des lots 3, 4 et 5, de la concession I du township de Creighton, un peu plus de douze milles à l'ouest de Sudbury. Les examens préliminaires et les premiers travaux révélèrent une prépondérance extraordinaire de pyrrhotine nickelifère de haute teneur avec relativement peu de cuivre se présentant sous forme de chalcopyrite entremêlée. Cependant au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation, on trouva plus de chalcopyrite et graduellement le gisement présenta les mêmes caractéristiques que les autres gisements de la région et la contenance en cuivre augmenta au point de rendre impraticables les projets primitivement conçus. Des expériences répétées furent faites sur de nombreux chargements de matière brute expédiés à cet fin aux usines du Sault Ste Marie et finalement on décida de s'en tenir au procédé de fusion ordinairement en vogue dans le district, qui produit une matte de haut-fourneau contenant une moyenne de 29 p.c. environ des métaux combinés, la proportion du nickel étant environ le double de celle du cuivre.

En 1900, les travaux d'exploitation de la mine Gertrude furent continués mais considérablement entravés par les difficultés de transport. Deux puits furent foncés, l'un atteignant une profondeur de 120 pieds et l'autre de 80 pieds avec plusieurs niveaux et galeries. Au printemps de 1901, le Manitoulin and North Shore Railway atteignit cette mine et les travaux furent poussés avec beaucoup plus d'activité. Des chantiers de grillage furent installés et la construction d'une usine de fusion fut commencée. Au mois de juillet de cette année, on ouvrit la mine Elsie sur la moitié sud du lot 12, concession V de McKim, à un demi-mille environ au sud-ouest de la mine Murray.

Le minerai était expédié par wagons d'acier de 50 tonnes aux chantiers de grillage des mines Gertrude et la première expédition de minerai de cette place se fit le 26 octobre 1901, à l'achèvement de la voie d'aiguillage qui raccorde ce gisement à la ligne-mère du Manitoulin and North Shore Railway. Le haut-fourneau de la mine Gertrude fut achevé en juin 1902 et marcha ensuite constamment pendant toute l'année convertissant de 100 à 160 tonnes par jour en matte-type. En novembre 1902, tous les travaux furent arrêtés à la mine Elsie pour permettre le déplacement devenu nécessaire de quelques-uns des bâtiments d'extraction dont la solidité était douteuse et que la continuation des travaux aurait pu ébranler. Plus tard, en 1903, toutes les opérations minières du district de Sudbury subirent le sort des autres industries exploitées par la même compagnie, quand elle tomba en faillite.

Mond Nickel Company.

En 1889, le Dr Ludwing Mond, F.R.S., travaillant avec le Dr Carl Langer à des expériences pour déterminer une méthode convenable d'éliminer les gaz monoxyde de carbone contenant de l'hydrogène, fit certaines observations qui aboutirent à la découverte de ce qu'on a appelé depuis le procédé Mond ou procédé au monoxyde de carbone, pour séparer le nickel métallique du cuivre, etc. Il y avait dans ce procédé beaucoup de difficultés techniques à surmonter et bien qu'un brevet eût été demandé le 12 août 1890, il fallut plusieurs années avant que l'invention fût amenée au point où son application industrielles fut pleinement admise. En 1892, une installation d'expériences en grand échelle fut construite à Smethwick près de Birmingham, Angleterre et après plusieurs années d'un travail patient, pendant lequel il fallut transformer et retoucher plusieurs fois l'installation pour faire face aux nombreuses exigences de ce procédé assez délicat, il atteignit graduellement son état actuel de perfectionnement. En 1898, le procédé Mond était déjà arrivé à un état propre àdonner la conviction la plus absolue que non-seulement il était à même de lutter avec les procédés existants au point de vue des frais de fonctionnement, mais encore que le nickel métallique produit, possédait à l'analyse un dégré de pureté plus élevé qu'on n'avait encore pu obtenir par les autres méthodes.

Le succès était ainsi assuré, le Dr Mond commença immédiatement à chercher où il pourrait se procurer un approvisionnement de minerai de nickel inépuisable. Les expériences pratiquées sur

les minerais de sulfures de nickel et cuivre, paraissaient démontrer pleinement qu'ils étaient particulièrement propres au traitement par le procédé Mond ; il fut donc décidé d'acheter une ou plusieurs des meilleures mines disponibles dans la région minière de Sudbury. A cette époque et, depuis quelques années déjà, il était de notoriété publique dans cette région que la mine ou propriété Macdonell dans le township de Denison était un des plus forts gisements de minerai de haute teneur qui eussent encore été découverts et immédiatement l'attention des acheteurs se porta de ce côté. Après quelques négociations et après un examen judicieux de la valeur de ces gisements, le Dr Mond se décida à acheter ces propriétés et, en conséquence, dans l'été de 1889, le transport nécessaire fut effectué. Ces emplacements miniers avaient été exploités pendant quelque temps par leur ancien propriétaire M. Rinaldo McConnell et quand ils furent vendus au Dr Mond celui-ci les fit explorer au moyen du perforateur diamanté du gouvernement d'Ontario, afin de déterminer d'une façon plus précise la position et l'étendue des différents gîtes de minerai. Le changement de propriétaire n'eut aucun effet sur les travaux qui commençèrent le 10 juillet pour se terminer le 21 novembre 1899. A cette époque sept puits avaient été forés, constituant un total de 994 pieds creusés au prix moyen de $1.75 par pied. De plus, deux autres perforateurs appartenant au Dr Mond furent employés, plus ou moins continuellement cette année-là et les deux suivantes pour étudier ces mines et les autres emplacements miniers dans lesquels le Dr Mond était intéressé. Le puits principal et les autres bâtiments de ce qu'on appela plus tard les mines Victoria, sont situés sur la moitié septentrionale du lot 8, con. IV, du township de Denison, mais l'usine de fonte, les bureaux et les demeures des fonctionnaires furent construites sur la moitié septentrionale du lot 8 con. II du même township près de l'embranchement du Sault du chemin de fer Canadien du Pacifique à un peu plus de deux milles au sud des excavations principales.

On commença en 1899, les travaux d'excavation de ces gisements qui s'opérèrent aussi promptement que le permettaient les circonstances. Le dépouillement superficiel des gîsements sur une grande étendue et les autres travaux préliminaires furent entrepris, on fit des routes, on nivela un chantier de grillage qui fut mis en état et on prépara le bois de construction nécessaire pour la charpente d'édifices spéciaux.

Durant 1900, les travaux continuèrent ; on s'occupa spécialement de l'aménagement des mines et de l'usine de fonte dont l'emplacement fut choisi auprès du creek Fairbank, sur l'embranchement du Sault,

22 milles à l'ouest de Sudbury. Un tramway aérien de 11,000 pieds de longueur fut installé par la Trenton Iron Co., de Trenton N. J., pour transporter le minerai du chantier des roches sur les mines au chantier de grillage, installé d'abord auprès de l'usine de fonte.

Le 16 octobre 1900, la Mond Nickel Company Limited, de London, Eng., fut autorisée par permis du lieutenant-gouverneur a opérer dans Ontario. L'incorporation de cette compagnie au capital de £600,000 avait pour objet d'acquérir toute la propriété superficielle, le matériel, les brevets et l'usine de fusion appartenant au Dr. Ludwig Mond dans le district de Sudbury.

Une installation du dernier modèle pour le grillage, la fusion et le bessemerisage du minerai fut érigée aux mines Victoria sous la direction de M. Hiram W. Hixon, autrefois de l'Anaconda Company et l'aménagement était le plus complet et le plus perfectionné qui eût encore été construit dans le district. De plus, de grands bureaux, des maisons élégantes avec toutes les commodités modernes, comme eau et lumière électrique, furent construites pour les membres du personnel et leurs familles et le terrain qui n'était autrefois que bas-fonds et marécages avec quelques monticules rocailleux fut promptement comblé et nivelé et transformé en un village et un centre commercial importants.

Au commencement de 1901, la mine etait en complet état de fonctionnement et, dès le mois de février, le minerai était régulièrement extrait et transporté au moyen du tramway aérien au chantier de grillage. L'usine de fusion commença bientôt à produire par le procédé Bessemer des mattes dont la teneur moyenne était de 80 p.c. de nickel et de cuivre combinés, ce dernier métal présentant un léger excédent. Le 1er juillet 1901, le bâtiment de tête ou de déchargement des chantiers de grillage fut frappé par la foudre et détruit de fond en comble avant l'arrivée des secours. La mise hors de service temporaire de l'installation du câble retarda considérablement à ce moment les travaux d'extraction et cependant ce fut un mal pour un bien parce que l'on décida en conséquence d'abandonner ce chantier de grillage, dont la position juste aux confins du village avait été une source d'ennuis et de désagréments pour les résidents qui, suivant le vent et la température, avaient considérablement à souffrir des émanations sulfureuses provenant des tas brûlants. Le nouvel emplacement choisi consistait, en une platière à mi-chemin entre la mine et l'usine, pouvant facilement être nivelée, drainée et mise en état ; à tous les points de vue il était beaucoup plus spacieux et plus commode que celui qu'on se proposait d'abandonner.

Pendant les hivers de 1901 et de 1902 les opérations de cette compagnie aux mines Victoria furent considérablement restreintes, mais l'achèvement des opérations de raffinage en Angleterre et la reprise des travaux sur une grande échelle, en avril 1902, donnèrent un nouvel élan à toutes les branches de l'exploitation. Pendant l'été de 1902, la mine North Star, située sur le lot 9 con. II et III du township de Snider et la mine Little Stobbie située sur la partie septentrionale du lot 6, con. I du township de Blezard furent exploitées par cette compagnie. Le minerai, s'élevant à 4,724 tonnes extraites de la North Star et 1,584 tonnes provenant de la Little Stobie fut expédié aux mines Victoria pour y être traités. La matte bessemerisée aussitôt qu'elle sortait de l'usine de fusion des mines Victoria, était expédiée à Clydach près de Swansea dans le pays de Galles, où un grand établissement avait été construit pour sa réduction, sur le pied d'une production annuelle de 1,000 à 1,500 tonnes de nickel métallique et de 4,000 à 6,000 tonnes de sulfate de cuivre. L'usine avait été érigée d'après des plans qui permettaient de l'agrandir facilement et sans trop de frais. L'établisse- de Clydach occupe environ 33 acres sur lesquels sont bâtis les édifices, il fait face au canal de la vallée de Swansea qui permet d'atteindre facilement le port de Swansea et est relié par des voies d'évitement avec le chemin de fer de Midland. Après une année de production constante des mines et des usines, tout travail cessa en décembre 1902 et bien que tous les fonctionnaires eussent conservé leur place, aucun travail important d'extraction ne fut exécuté jusqu'au commencement de 1903. Les travaux furent alors repris et poussés jusqu'au mois de novembre de la même année, mais alors ils cessèrent définitivement. La rumeur courante veut que ces fréquentes interruptions aient été causées par certaines défectuosités dans le matériel de raffinerie de Clydach et l'on dit aussi qu'à la suite d'un accident dans l'installation, il se serait produit plus de vingt cas d'empoisonnement par l'émanation de gaz délétère et que plusieurs de ces cas avaient été mortels. On espère qu'il sera possible de remédier à ce sérieux état de chose et que les modifications nécessaires pourront être faites au matériel pour permettre de recommencer les opérations sur une grande échelles, ce qui assurera en même temps la reprise des travaux aux mines Victoria.

L'histoire du développement des mines de la région de Sudbury, ne se solde pas, on le voit, par un bilan ininterrompu de brillants succès, il semble au contraire que les insuccès aient été de règle et, comme on a pu en juger par les pages précédentes, le nombre des compagnies qui, pour une période de temps plus ou moins longue ont opéré dans cette région forme déjà une liste formidable. Ces échecs et les causes qui

les ont amenés, mettent cependant fortement en relief et font ressortir davantage la vaillance et le succès de la seule compagnie qui ait été à même de surmonter les diverses difficultés auxquelles ses concurrentes ont successivement succombé ; ils permettent en même temps d'espérer que la crise est passée et que l'industrie est enfin établie sur une base solide et permanente. Il est bien vrai que certains détails de l'extraction du nickel en sont encore à la période d'expérimentation, par exemple, en ce qui concerne la détermination du procédé le plus économique, à employer ; mais il n'y a pas de doute que le travail d'extraction et de fusion du nickel n'est pas seulement dans un état satisfaisant mais a même atteint des proportions tellement phénoménales que les travaux dans les autres pays, ont dû, de ce fait être considérablement restreints, quand ils n'ont pas cessé complètement. De fait, actuellement, la suprématie de la région minière de Sudbury, et son titre de plus grande productrice de nickel du monde entier ne peuvent plus être mis en discussion.

Il n'est pas hors de propos d'indiquer en passant quelques-unes des raisons qui ont contribué aux échecs que l'on a dû si souvent enregistrer dans l'établissement de l'industrie du nickel à Sudbury. Pendant quelques années, après le commencement de l'exploitation du nickel dans cette région, la consommation mondiale annuelle de nickel ne dépassait pas 700 à 800 tonnes de métal pur, quantité que pouvait facilement produire à elle seule l'une quelconque des trois compagnies opérant dans cette région. La demande pour le nickel était faible et variable, au point qu'avant la découverte des avantages qu'offrait son emploi sous forme d'alliage avec l'acier pour la fabrication des plaques de blindage, il ne semblait pas que l'industrie du nickel pût avoir jamais grand avenir. Même avec ces qualités distinctives, il n'y eut pas beaucoup d'accroissement dans la demande pour le nickel et il fallut un certain nombre d'années pour que la consommation augmentât jusqu'à 1500 tonnes par année. Cependant une fois ce chiffre atteint, il était bien certain que la demande pour le nickel serait constante et ne ferait qu'augmenter par suite de la généralisation de son emploi dans toutes les espèces d'acier qui requièrent de la force jointe à la légèreté. A présent la consommation du nickell dépasse 10,000 tonnes par année et de coûteuses expériences entreprises sous les auspices de l'International Nickel Company ont fourni, disent les connaisseurs, des preuves évidentes de la supériorité de l'acier-nickel pour la construction des ponts, ce qui laisse prévoir un accroissement de demande prochain pour le nickel. De plus, la décision récente du Pennsylvania Railway d'employer des rails en acier-nickel et la signa-

ture par cette importante compagnie d'un contrat de fourniture pour 9,000 tonnes de ces rails contenant 3-50 p.c. de nickel, va certainement donner un nouvel élan à la demande. La seule crainte qui existe actuellement et qui d'ailleurs a toujours été invoquée à l'encontre d'un emploi considérable de l'acier-nickel a été l'incertitude de l'approvisionnement et la possibilité d'un prompt épuisement des gisements de nickel connus maintenant. Cependant les personnes qui font autorité en la matière admettent toutes, en somme, que la provision de minerai de nickel de haute teneur contenue dans les gisements canadiens est virtuellement illimitée ou du moins amplement suffisante pour répondre longtemps encore aux besoins de travaux de fusion même plus développés que ceux actuellement en opération dans le district de Sudbury. De plus, une demande plus forte de nickel accélérera les explorations non seulement dans cette région mais encore dans les étendues de roches cristallines similaires qui vont avant peu être mises à découvert par les travaux du Gr nd-Tronc-Pacifique et de ses embranchements ainsi que par le Témiscaming and Northern Railway, où l'on trouvera sûrement beaucoup d'autres nouveaux gisements.

Un autre fait qui a provoqué dans une certaine mesure l'échec de quelques-unes des entreprises minières de Sudbury, consiste dans l'illusion commise par les parties intéressées qui s'imaginaient chacune, que le gisement en particulier dont elles avaient eu la bonne fortune d'obtenir possession était une mine propre à produire un approvisionnement constant et inépuisable de minerai de nickel de la teneur voulue, le gîte s'étendant à des profondeurs inconnues et croissant en qualité et en quantité en même temps qu'il se prolongeait. Avec une telle confiance dans les dimensions, la constance et l'adaptalité aux opérations de fusion de chaque gisement, il n'est pas étonnant que bien souvent on n'ait pas cherché à mettre la main sur d'autres sources de production dont la nécessité devait forcément se faire sentir aussitôt qu'on procéderait à des travaux de raffinage sur une grande échelle et de longue durée.

Une troisième cause qui a peut-être contribué p us que toutes les autres aux interruptions fréquentes d'exploitation et de fusion dont nous avons déjà parlé, réside dans l'absence des connaissances techniques requises et de l'expérience nécessaire de la part de ceux qui avaient charge d'administrer ces entreprises. Il n'est pas nécessaire d'insister sur le besoin absolu de ces connaissances dans toutes les entreprises de mine ou de fusion, mais elles sont indispensables plus que partout ailleurs pour réussir à traiter cette catégorie particulière de minerais de sulfures. C'est ainsi que quelques-une des compagnies qui exploi-

taient des mines dans les environs de Sudbury réussirent à produire la matte, mais ces compagnies elles-mêmes étaient obligées de vendre le produit inachevé à divers raffineurs à des prix qui étaient loin d'atteindre ce qu'elles avaient espéré. Les raffineurs furent accusés de retirer tous les profits qu'ils auraient dû partager avec les producteurs, si bien que dès le début, il fut parfaitement démontré que pour retirer, dans cette région tout le produit de cette industrie, les mêmes individus ou la même compagnie devaient avoir le contrôle de toutes les opérations nécessaires pour amener le produit à l'état d'achèvement absolu. Se basant sur cette connaissance requise, beaucoup de corporations engagèrent à leur service les experts métallurgistes considérés les plus compétents et entreprirent de nombreuses expériences, pour trouver un procédé définitif efficace et économique afin d'extraire le cuivre et le nickel de ces minerais et ensuite les séparer l'un de l'autre. De cette façon, les ressources trop souvent limitées de ces compagnies se trouvèrent engagées à l'excès et tout échec, même dans les essais préliminaires, avait pour résultat immédiat la fermeture et l'abandon virtuels de toute l'entreprise. Finalement, dans plus d'un cas, l'absence de saines méthodes commerciales, précipitait grandement la venue des désastres que nous avons enregistrés dans les pages précédentes.

Caractère Physique Général

L'expression de Région Minière de Sudbury, (*Sudbury Mining district*) a été acceptée pour plus de facilité, après la découverte de ces gisements miniers, pour désigner cette étendue particulière du pays qui avoisine directement Sudbury et est tributaire de cette ville. Elle ne doit pas être confondue avec d'autres étendues de l'Ontario Septentrional auxquelles on applique la désignation anglaise de *district* et qui ont été divisées et classées avec des frontières déterminées en vue des besoins électoraux ou pour d'autres fins. On peut dire en somme qu'elle s'étend du lac et de la rivière Wanapitei à l'est aux stations d'Onaping et de Worthington à l'ouest. Au nord, on peut considérer qu'elle embrasse les gisements de fer récemment découverts dans le township de Hutton, tandis qu'au sud, le commencement du gneiss Laurentien est regardé comme limitant les découvertes importantes dans cette direction.

La ville de Sudbury est une création du chemin de fer Canadien du Pacifique ; elle a pris naissance au moment de sa construction en 1882 et a grandi en importance du fait de sa proximité du raccordement de

l'embranchement du Sault Sainte-Marie. Elle est à une distance, par la ligne-mère ou transcontinentale du C.P.R. de 442·7 milles de Montréal et de 322·4 milles d'Ottawa, la capitale du Canada.

L'aire où l'on sait maintenant qu'existent les gisements exploitables de nickel et de cuivre, s'étend de l'angle sud-est du township de Snider (mine Evans) vers le nord-ouest, jusqu'au centre du township de Levack ce qui représente une distance de 20 milles environ ; dans la direction nord-est elle va du township de Drury au lac Wanapitei, soit une distance d'environ 40 milles. Les mines qui ont effectivement produit du minerai pour la fusion ou pour l'expédition, se relient toutes, à l'exception de la mine Worthington, à cette portion du massif principal ou zone de norite qui s'étend de l'ancienne mine Inez ou Chicago dans le township de Drury à la mine Blezard, et qui embrasse une distance d'environ 26 milles.

L'étendue contenue dans les deux cartes ci-jointes (Mines Victoria et Sudbury) et qui comprend des portions du district électoral d'Algoma et Nipissing, a été toute subdivisée en townships et en lots, de la forme récemment adoptée par le département des terres de la Couronne d'Ontario. A peu d'exception près, chacun de ces townships mesure six milles de chaque côté et par conséquent la superficie est de trente-six milles carrés. Chaque township est divisé en six concessions par des lignes tracées de l'est à l'ouest, suivant la direction astronomique et désignées chacune par des chiffres romains ; l'ordre de numération allant du sud au nord ; les concessions sont elles-mêmes subdivisées en douze lots, par des lignes allant du nord au sud et portant les chiffres arabes ordinaires numérotés de l'est à l'ouest. Chaque lot mesure donc un mille du nord au sud et un demi-mille de l'est à l'ouest et contient par conséquent, une superficie de 320 acres. La ligne de démarcation est tracée à travers le bois tous les deux lots seulement, la frontière intermédiaire état indiquée par des poteaux sur la ligne de démarcation des concessions. Les lignes sont supposées suivre la direction astronomique, mais dans certains cas il n'a pas été tenu compte de la convergence des méridiens et il en est résulté beaucoup de confusion et d'erreurs. Quelquefois les tracés de ces townships ne se sont pas faits avec toute l'exactitude et tous le soin désirables, et dans plus d'un cas nous avons trouvé deux lignes et même plus, approximativement parallèles à peu de distance l'une de l'autre et destinées évidemment à indiquer une seule et même ligne de démarcation et reliées chacune à des poteaux séparés qui étaient destinés à désigner le même point. Dans une grande partie de cette région, les incendies fréquents de forêt ont détruit tout vestige de beaucoup de ces lignes frontières et les poteaux

indicateurs des limites, sauf quand ils avaient la chance de se trouver plantés dans un marécage, ont été brûlés. Il est donc extraordinairement difficile et souvent même impossible de retrouver l'emplacement primitif de ces lignes de démarcation.

La nature générale du pays ne peut pas probablement être mieux indiquée qu'en disant que c'est une plaine rocheuse inégale et ondulée avec une pente douce vers le sud et le sud-ouest. Prise dans ses détails, la surface de la plaine est loin d'être uniforme, élle consiste en une succession rapide d'arêtes rocheuses plus ou moins parallèles et plus ou moins dissociées avec une allure prépondérante vers le nord-est et le sud-ouest, les vallées intermédiaires étant occupées généralement par des marécages, des lacs ou des cours d'eau. L'altitude générale moyenne de la région, prise dans son ensemble varie de 800 à 1,100 pieds au-dessus du niveau de la mer. La topographie actuelle provient de dénudations et d'érosions prolongées, aidées dans une grande mesure par l'action subséquente des glaces qui ont enlevé les matériaux décomposés plus tendres des niveaux supérieurs pour les déposer quelque part dans les vallées voisines ou dans des étendues considérablement éloignées au sud-ouest. Le balayage effectué par le grand glacier se constate partout, à la rondeur polie des collines et dans beaucoup de cas les surfaces rocheuses qui sont à découvert conservent encore les cannelures et les stries glaciaires. Bien que le pays soit excessivement rocheux et accidenté, il n'y a pas beaucoup d'éminences caractéristiques, les plus élevées atteignent rarement plus de 150 pieds au-dessus des vallées adjacentes et les altitudes de 25 à 100 pieds sont beaucoup plus fréquentes. Les terres les plus hautes de la région forment une lisière d'une largeur variant de 3 à 5 milles et s'étendant dans la direction nord-est, du township de Denison à celui de Garson, sur une distance de plus de 30 milles. Elle est supportée par les éruptives nickelifères et leurs associées ; cependant quelques étendues de quartzites fortement altérées contribuent à produire cette élévation inusitée. Une des plus hautes collines de cette lisière rocheuse est située immédiatement au sud de la mine Elsie. Des lectures barométriques se rattachant à l'altitude connue du croisement de voie de l'embranchement de la mine Elsie et du M. et N. S. Ry, montrent que cette colline à 1,120 de hauteur au-dessus du niveau de la mer. En partant de Sudbury, qui a une altitude de 850 pieds, le chemin de fer Canadien du Pacifique gravit une série de rampes raides sur une distance de trois milles et demi, avant d'atteindre le sommet dont l'altitude est de 992 pieds ; à une distance égale, un peu plus loin, à la station d'Azilda l'altitude s'abaisse à 881 pieds au-dessus du niveau de la mer. D'un

autre côté la Manitoulin and North Shore Railway Company a construit une portion de sa ligne, un peu plus de douze milles et l'a tracée de façon à passer aux mines Victoria et à continuer plus loin ; la ligne parcourt donc tout le temps cette région montueuse. En partant de Sudbury dont l'altitude est comme nous l'avons dit, de 850 pieds, la rampe monte jusqu'à 919 pieds, à la station de Clarabelle et 959 pieds, au raccordement d'Elsie. On atteint le sommet à huit milles environ à l'ouest de Sudbury où le niveau des rails est à 986 pieds pour retomber encore à 965 pieds au-dessus du niveau de la mer à l'extrémité du profil, à 12·7 milles de Sudbury, auprès de la mine Gertrude. Au nord-ouest de cette étendue montueuse le terrain redevient raisonnablement plat et forme une plaine dont l'altitude moyenne est d'environ 880 pieds au-dessus du niveau de la mer. Cette lisière de pays plat a une largeur moyenne d'environ six milles et s'étend des environs du lac Vermillon dans le township de Fairbank presque jusqu'au lac Wanapitei, sur une distance de plus de 30 milles. Toute cette étendue est évidemment supportée par des ardoises et des grès feldspathiques qui ont été provisoirement colorés sur la carte comme pouvant appartenir à la période Cambrienne, mais ces assises rocheuses sont considérablement cachées par une épaisse couche de transport percée quelquefois par des monticules bas arrondis qui seuls indiquent la nature des matériaux sous-jacents.

Ce transport se compose d'argile grise bien stratifiée, la plupart du temps pas encombrée de cailloux et qui paraît très propre à la culture. Des routes ont été percées et des défrichages ont été opérés sur la plus grande partie de la région plate ; les nombreuses granges et maisons d'habitation qui ont été érigées, donnent à cette collectivité agricole une apparence réjouissante de prospérité.

Au sud et au sud-est de l'espace montueux qui vient d'être indiqué, une vallée de forme assez irrégulière et relativement étroite, s'étend des environs de la mine Worthington presque jusqu'au lac Wanapitei où elle se relie au nord et à l'ouest à la grande plaine déjà décrite. La continuité de cette étendue de terrain relativement plat est interrompue à certaines intervalles, comme par exemple à l'intersection de la rivière du Poisson Blanc (*Whitefish river*) mais tout le terrain plat peut être considéré comme formant une seule vallée avec une pente douce mais sensible, vers le sud-ouest. Dans le township de McKim ce plateau a une altitude générale moyenne d'environ 845 pieds au-dessus du niveau de la mer. De Sudbury, en allant vers le sud-ouest, cette lisière relativement horizontale a servi au tracé de l'embranchement du Sault du chemin de fer Canadien du Pacifique et de plus, on a pro-

fité de la régularité du sol pour y construire la plus grande partie des bâtiments compris dans les villes de Sudbury et de Copper Cliff. Dans le township de McKim, l'égalité du sol est quelquefois interrompue par de petites collines rocheuses ; des étendues disponibles considérables ont été défrichées et sont maintenant cultivées avec succès spécialement lorsque le grillage du minerai ne se fait pas trop activement.

Dans McKim et dans l'étendue au sud-ouest de ce township, le sol est une bonne argile d'alluvion bien stratifiée ; mais au nord-ouest, dans le township de Garson et en dehors des limites de la carte de Sudbury, dans le township de Falconbridge, elle est remplacée par un sable jaune grossier avec du gravier en certains endroits, ce qui fait un sol léger et assez pauvre, bien que certaines portions servent maintenant à l'agriculture.

A l'est et au sud-est de Sudbury, la région est en grande partie âpre et accidentée ; cette étendue est caractérisée par l'existence de quartzite avec de gros massifs irruptifs irréguliers de norite et de diorite et occasionnellement seulement des platières restreintes, propres à la culture.

L'un des traits physiques les plus caractéristiques peut-être que présente cette région consiste dans la vallée étroite formée par l'action atmosphérique sur le grand dyke de diabase auprès de la mine Murray. Ce dyke qui mesure environ 150 pieds de largeur en cet endroit et qni a pénétré dans un massif de granite a été décomposé et considérablement rongé, laissant une vallée de toute sa largeur, avec des épontes perpendiculaires de granite. Cette particularité remarquable de la contrée a servi au tracé de la route charretière entre Sudbury et Azilda (autrefois Rayside).

L'influence exercée par les roches sous-jacentes sur les contours généraux du terrain est bien évidente dans toute cette région. Les roches de quartzite et les roches ignées les plus dures, forment les plus hautes crêtes en raison de leur plus forte résistance à l'action de la température et de l'érosion ; tandis que les ardoises, les schistes et les grès plus fragiles, composent la plus grande partie des terrains intermédiairés moins élevés, occupés principalement par des vallées de rivières, des marécages et des bassins de lacs. L'étendue embrassée par le massif ou bande principale de norite est également d'un relief médiocre comparé aux autres roches ignées, avec de très petites collines légèrement arrondies, cette espèce de roche n'offrant évidemment pas beaucoup de résistance à la décomposition. La région en général, n'est pas aussi abondamment pourvue de lacs que beaucoup d'autres étendues de roches archéennes analogues ; mais on rencontre beaucoup de beaux lacs assez

grands presque tous abondamment fournis de bonne eau claire. Sur les rives et les îles du lac Ramsay ou lac Perdu (*Lost lake*) sont construites les résidences d'été de beaucoup d'habitants de Sudbury et l'eau claire et pure du lac est utilisée pour remplir le grand réservoir construit pour le service des eaux sur une des collines rocheuses à l'est de la ville. Le plus haut lac dans cette étendue est le lac Garson qui se trouve à 923 pieds au-dessus du niveau de la mer, le plus bas est le lac Mc. Charles, élargissement de la rivière Vermillon, qui a une altitude de 760 pieds au dessus du niveau de la mer.

La distribution des eaux dans cette région se fait par trois cours d'eau importants et bien connus : les rivières Wanapitei, Espagnole et Vermillon ; la totalité de l'eau se rend par ces voies d'une façon ou de l'autre à la baie Georgienne et au lac Huron. La rivière Vermillon avec ses affluents, bras du Poisson Blanc, (*White-fish branch*), rivière Levey, et creeks Whitson et Fairbank, déverse les eaux de presque toute la surface embrassée par les deux cartes. La rivière Vermillon est elle-même un bras de la rivière Espagnole et se jette dans ce cours d'eau près de la ligne de démarcation des townships Merritt et Foster, à dix milles environ au sud-est de l'angle de la carte des mines Victoria. Une portion de la rivière Spanish connue sous le nom de " Grand Coude ', (*Great Bend*) traverse l'angle de cette carte, recevant sur cette distance toutes les eaux du township Drury et de la partie occidentale du township de Denison. Les bras de la rivière Wanapitei sont limités aux parties orientales des townships de Garson et de Neelon.

Il fut un temps où cette région était couverte d'une épaisse forêt, mais des incendies successifs ont détruit presque toute la haute futaie primitive et même les immenses échalas qui restaient ça et là comme témoins muets des ravages causés par l'élément destructeur, ont été graduellement abattus pour nourrir les bûchers nécessaires au grillage des minerais. De place en place, de petites zones, comme par exemple dans la partie septentrionale de Garson, et la partie occidentale des townships de Snider et de Creighton, sont encore couvertes de bosquets verdoyants mais la hache du bûcheron abat rapidement tout le bois ayant quelque valeur et les besoins constants de bois de chauffage pour alimenter les bûchers de grillage amoindrissent constamment la surface forestière. Le bois dur est rare et ne se rencontre que dans les vallées, particulièrement aux environs de certains cours d'eau. Quelquefois on trouve des chênes nains dans les creux qui séparent les hautes crêtes. La seconde venue consiste en peupliers et en bouleau, ces petits arbres sont souvent tellement serrés, dans les vallées, qu'ils forment des fourrés impénétrables.

La région en général ne peut pas être considérée propre à l'agriculture et son importance finale ne peut résider que dans le développement de ses richesses minérales. La proximité des mines crée un marché avantageux et chaque plateau est utilisé pour la culture.

Géologie.

Les roches de la Région Minière de Sudbury, disposées dans l'ordre probable de leur époque géologique peuvent être classées comme suit, en remontant :

1. *Huronien Inférieur.*—On ne connait pas encore de roches de cette époque dans l'étendue nickelifère, mais elle est représentée partiellement par les magnétites siliceuses fasciées et les roches associées des townships de Hutton et de Wissner.

2. *Huronien Supérieur. (A)* Diorites, porphyrites amphiboliques et roches schisteuses vertes, *(B)* Conglomérats, grauwackes, et quartzites, *(C)* Norite et diorite (lisière de la mine Worthington et étendues au sud-est de la mine Evans et à l'est de Sudbury.

3. *Laurentien.* Granite et gneiss dioritique auprès de la station de Wanapitei.

4. *Huronien Supérieur ?* Tufs, grès feldspathiques et ardoises classés provisoirement sur les cartes géologiques antérieures comme étant de l'époque Cambrienne.

5. *Post-Huronien.* *A.* Granites. *B.* Eruptives nickelifères de la bande principale (gabbro-hypersthene-quartzeux ou norite, diorite avec leurs différents produits de séparation, micropegmatite). *C.* Dykes de diabase à olivine.

6. *Pleistocene.* Argiles et sables.

L'histoire géologique de l'étendue minière du nickel proprement dite ou de cette portion de la région de Sudbury comprise dans les cartes ci-jointes remonte aux temps très anciens et la plupart des roches maintenant à découvert sont regardées comme représentant ce qu'on appelle l'époque Huronienne, c'est-à dire la plus ancienne qui soit actuellement familière aux géologues. L'examen détaillé et l'étude de ces roches ont fourni abondamment la preuve de l'activité volcanique sans exemple qui régnait alors et qui était causée en grande partie sans aucun doute par l'instabilité de la croûte terrestre à cette époque précoce de son histoire. Ces roches sont essentiellement d'origine pyroclastique et consistent principalement en tufs d'espèce acide et basique, intimement associés à des éruptives basiques plus ou moins

décomposées dont quelques-unes conservent encore beaucoup de leur nature massive primitive, bien que la plus grande proportion ait subi des difformations et un métamorphisme tellement prononcés qu'il est excessivement difficile, sinon impossible, même à l'aide d'un microscope, de rien affirmer de certain ou de précis quant à leur composition ou à leur structure primitive. Cependant quelques-unes de ces éruptives sont probablement d'origine laccolitique et ont pénétré le long des plans de stratification des roches clastiques encaissantes, tandis que beaucoup des porphyrites et des formations indistinctement amygdoïdales, représentent indubitablement des épanchements de lave qui ont été fortement décomposés et altérés.

L'établissement de conditions d'équilibre plus stable amena le moment où les altitudes supérieures furent soumises au procédé ordinaire de dégradation et d'érosion, avec le transport des matériaux ainsi détachés aux niveaux inférieurs pour s'y déposer et former les conglomérats, les grès feldspathiques et les quartzites, portés au tableau qui précède comme de l'Huronien Supérieur. Cette période de tranquillité relative fut elle-même interrompue à certains intervalles par des reprises d'activité volcanique et quelques-uns des matériaux bréchiformes et certaines des grauwackes interstratifiées peuvent être le résultat direct d'une action explosive. Postérieurement à la formation de ces roches, les énormes batholites de granite et de dorite gneissique classés comme du Laurentien et que l'on voit aux environs de la station de Wanapitei, pénétrèrent dans les éléments les plus élevés ou éléments de quartzite de l'Huronien Supérieur. Après ces quartzites et peut-être aussi après les gneiss Laurentiens, certais massifs de norite et de diorite, parmi lesquels on peut citer la bande où se trouve située la mine de Worthington, furent aussi pénétrés. Cette bande de norite de la mine de Worthington, comme on peut en juger en se reportant à la carte, traverse la partie méridionale du township de Denison et forme une chaîne notable de collines à peu de distance au sud du chemin de fer Canadien du Pacifique. La bande de matériaux ignés analogues qui forment les hautes terres au sud du lac McCharles est de la même époque, comme l'est aussi son prolongement probable dans la grande bande de norite et de dorite qui traverse la région au sud-est de la mine Evans. Cette même bande de roche intrusive continue vers le nord-est sans solution de continuité et forme une étendue considérable de pays excessivement accidenté à l'est de Sudbury et au nord du chemin de fer Canadien du Pacifique et de plus couvre une portion considérable des parties septentrionale et centrale du township Neelon.

L'époque des tufs, grès feldspathiques et ardoises classés jusqu'ici provisoirement comme étant du Cambrien et colorés ainsi dans toutes les cartes géologiques antérieures, est encore considérablement douteuse et il faudra donc beaucoup de travail et d'examen sérieux de l'étendue caractérisée par la présence de ces roches avant de pouvoir régler la question d'une façon satisfaisante. Elles constituent en apparence un bassin synclinal reposant sur la phase micropegmatitique de l'éruptive nickelifère et l'examen de différents endroits où le raccordement de ces roches est à découvert donne lieu de supposer que la micropegmatite est irruptive dans le tuf ou la brèche. D'un autre côté il paraît raisonnable de supposer que toutes ces roches sont très intimement associées en ce qui a trait à l'époque et au mode de leur genèse.

Les granites que l'on désigne habituellement comme "plus jeunes," le sont réellement, si on les compare aux diorites plus anciennes, aux porphyrites et aux schistes verts. Une roche que l'on peut appeler de la brèche, formée par une irruption excessivement compliquée de dykes et de massifs de matériaux granitiques dans ces roches basiques, couvre des étendues considérables dans cette région, et même le massif principal du batholite granitique contient fréquemment des fragments et des massifs enclavés de toute forme et de toutes dimensions de ces diorites plus anciennes.

L'éruptive nickelifère qui, à l'état frais, est maintenant désignée sous le nom de gabbroa à hypersthène quartzeux ou norite est distinctement plus ancien et fait irruption dans les schistes verts et les diorites associées. Les relations avec le granite prétendu " plus jeune " sont beaucoup plus complexes et anormales. L'éruptive nickelifère s'est en grande partie refroidie contre le granite, comme on peut le voir à la rencontre de ces deux roches sur le côté ouest du grand puits qui porte le N° 2 de Copper Cliff. Là, la norite est d'un grain distinctement plus fin au point de contact immédiat et le grain devient visiblement plus grossier en s'écartant de la ligne de raccordement. Ce refroidissement de la norite contre le granite et la production d'une lisière plus finement grenue et refroidie, se constatent spécialement bien dans les environs des excavations pratiquées par les Vivian sur le lot 9, concession VI du township de McKim. D'un autre côté, en d'autres endroits, certains dykes ou apophyses de granite paraissent pénétrer la norite, comme on peut le remarquer le long de la ligne de raccordement au nord-ouest de la mine n° 2 à Copper Cliff; mais la nature irruptive du granite et son ancienneté apparente relativement à la norite sont assez marquées au nord du lac Clarabelle où la ligne de ren-

contre de ces deux roches est bien à découvert sur une distance considérable. De plus, près de la mine de Creighton, le granite devient distinctement plus basique aux environs de la norite et une certaine zone ou bande est formée par le mélange des matériaux des deux roches comme s'il résultait d'une fusion réelle. On a émis l'idée que le granite et la norite pourraient bien être des éléments séparés du même magma, mais il est beaucoup plus rationnel d'expliquer cet état de chose en disant que leurs périodes d'irruption ont été tellement synchroniques qu'elles se sont chevauchées au moment de la cristallisation et que les dernières sécrétions du magma granitique qui se refroidissait le plus lentement ont pratiqué ou rongé leur passage dans la norite, en certains endroits.

Les dykes de diabase à olivine recoupent et sont par conséquent plus anciens que toutes les roches avec lesquelles leur contact a été constaté. Leur composition minéralogique est essentiellement la même que celle des dykes de porphyrite à diabasie de la région du Lac Supérieur, celles-ci ayant été regardées comme le chenal par lequel les laves de Keweenawan ont atteint la surfce.

(2.) Huronien Supérieur.

(A.) schistes dioritiques.

La coutume a généralement été dans les rapports antérieurs sur cette étendue et sur les autres étendues archéennes d'employer le terme assez vague et indéterminé de "*greenstones*" diorites comme terme commun d'exploration pour certaines roches basiques éruptives, souvent plus ou moins décomposées et déformées. Dans le présent rapport, ce terme a été conservé comme étant la désignation la plus commode et la plus convenable pour certaines irruptives basiques très anciennes présentant toutes les phases possibles de métamorphisme et de déformation. Sous la rubrique générale de "schistes dioritiques" sont comprises plusieurs variétés de diorite, porphyrite, schistes amphiboliques et chloritiques. Ce sont indubitablement les roches les plus anciennes que nous connaissions actuellement dans la région. Leur présence habituelle en association intime avec la norite plus massive et plus uniforme, en plus de leur aspect et de leur attitude lithologiques en général, spécialement en ce qui regarde les types les plus massifs, ont été la raison principale de la réunion de ces roches en un seul groupe, sous la même désignation et la même couleur sur les premières cartes géologiques. Dans les premiers examens, ces roches étaient considérées comme des éléments élongés et décomposés des norites plus massives qui, a la suite de cir-

constances ou de séries de circonstances favorables, avaient échappé à cet état extrême de déformation et de métamorphisme. Des examens postérieurs ont cependant révélé que dans la plupart des cas, du moins ces roches éruptives basiques, plus ou moins feuilletées et schisteuses, sont distinctement d'une époque plus ancienne et ont été culbutées, faillées, plissées et considérablement métarmorphisées à une époque antérieure à l'irruption de l'éruptive nickelifère proprement dite. Une étude attentive et soigneuse ne manque jamais de révéler l'existence d'une ligne de démarcation distincte entre ces deux espèces de roches ignées. L'importance d'indiquer ces lignes de démarcation, d'une façon très exacte sur la carte au trait et à la couleur, s'accroît encore du fait que tous les gisements de minerai nickelifère ou cuprifère sont situés soit dans le voisinage immédiat soit en différents endroits placés sur la ligne de rencontre de la norite et des roches associées.

Les représentants les moins altérés de ces diorites plus anciennes ou des variétés massives des diabases plus anciennes peuvent se distinguer difficilement du type prépondérant de la diorite (norite décomposée), avec laquelle se trouvent les gisements de nickel et de cuivre et il est impossible de s'empêcher de conclure que ces deux roches doivent avoir pour origine des types précisément identiques. La différence de leur époque ressort cependant d'une façon bien évidente de leurs relations sur place et, bien que l'on trouve de la pyrrhotine et de la chalcopyrite dans ces roches basiques antérieures, on n'a pas trouvé de gisements d'une importance industrielle quelconque qui leur soient, associés à une distance quelconque de la ligne de raccordement avec la norite ou diorite moins ancienne.

La plupart des échantillons de manipulation examinés des types les plus massifs de ces roches plus anciennes sont beaucoup plus finement grenus que la norite avoisinante ; elles présentent un contraste avec cette roche en ce quelles sont fortement verdâtres au lieu d'être d'une couleur grisâtre ou noirâtre. On peut désigner la plupart des affleurements comme de la " diorite à gabbro " nom suggéré par le Prof. G. H. Williams pour une diorite dans laquelle l'amphibole prouve clairement qu'elle dérive d'un pyroxène primitif. Quelques affleurements présentent la structure ophitique et entrelaçante qui caractérise la diabase et que l'on peut souvent discerner à l'œil nu ou à l'aide d'un microscope de poche et la roche dans laquelle se présente cette structure pourrait être désignée comme une diabase ouralitique.

Au point de vue minéralogique, sous forme de plaques minces et examinée au microscope. la roche est maintenant composée essentiellement de plagioclase et d'amphibole et on n'a pas encore pu découvrir

la moindre trace du pyroxène primitif. Le plagioclase toutes les fois que la roche est assez fraîche pour qu'on puisse en constater l'identité est de la labradorite et dans les spécimens qui ont le moindrement subi de métamorphisme, ce minéral a quelquefois une teinte brunâtre claire, la matière colorante (probablement de l'ilménite très finement répartie) est assez inégalement disséminée dans les morceaux, ce qui produit des effets nuageux. La pression et les progrès de la décomposition paraissent cependant détruire promptement et enlever toute trace de cette matière colorante si bien que le feldspath est presque, sinon complètement, incolore. En règle générale le plagioclase a subi une saussuritisation plus ou moins avancée, mais quelques fragments sont encore assez frais pour permettre de les reconnaître au moyen des angles d'extinction. Toutes les périodes de cette décomposition caractéristique du plagioclase basique sont représentées dans les specimens recueillis et examinés, mais ceci a déjà été si abondamment décrit dans les publications antérieures qu'il suffit d'en faire brièvement mention. Le premier pas dans la décomposition du feldspath primitif consiste dans le développement d'écailles menues de séricite et de formations en pointes d'aiguilles fines d'épidote et de zoisite dans le milieu de la substance du plagioclase. Une autre forme de développement très fréquente de ces minéraux secondaires consiste en paquets en forme de grappes d'une matière sassuritique finement grenue, composée surtout de zoisite et d'épidote dont l'agglomération produit finalement un gros morceau isolé ou un agregat de plusieurs morceaux de ces minerais. Un des états des plus avancés de la décomposition du feldspath consiste dans l'oblitération totale des lamelles de maclage et dans le remplacement partiel ou total de la substance de plagioclase par un agrégat polarisant brillamment et composé pricipalement de séricite, d'épidote et de zoisite. Dans certains cas, le feldspath est remplacé par une saussurite incolore ou jaunâtre pâle qui polarise en teintes bleuâtres ternes. Cette substance est généralement si finement grenue qu'il est difficile de discerner tous les minéraux qui la composent même avec l'aide du microscose le plus puissant. Quelques-unes des portions les plus grosses de cette substance ont été examinées assez attentivement et le résultat a été qu'on a reconnu l'existence dans la formation de cet agrégat de zoisite, de séricite d'un peu de calcite et d'un plagioclase secondaire, peut être de l'albite. Une autre forme encore de décomposition du feldspath primitif, qui souvent accompagne la saussurisation plus habituelle, consiste dans le remplacement partiel du feldspath primitif par une fine mosaïque entremêlée d'un feldspath secondaire (albite) clair, se mourant brusquement, et de quartz.

L'amphibole est généralement de l'espèce vert-foncé ordinaire, fortement pleiochroïque, compacte, se présentant sous la forme prismatique longue et imparfaitement développée. Quelquefois l'espèce fibreuse et actinolitique se trouve représentée ; sa couleur est beaucoup plus pâle et d'un pleiochroïsme beaucoup moins prononcé. Beaucoup des morceaux de ce minéral laissent voir des intérieurs pâles, plus ou moins exempts de pleiochroïsme avec des bordures d'une couleur beaucoup plus foncée, beaucoup plus compactes et fortement absorbantes qui caractérisent l'ouralite. Des portions de cristaux qu'on rencontre quelquefois sont d'une couleur brûnâtre, mais même ceux-ci ont une nuance verdâtre bien marquée. La biotite se présente presque invariablement et généralement en grande quantité. Elle est de la couleur brun-foncé ordinaire, dénotant de fortes différences dans l'absorption de la lumière, si elle est soumise à un mouvement de rotation entre des nicols croisés. On la trouve en plaques et en écailles fréquemment enclavée et formant quelquefois des végétations parallèles entremêlées dans l'amphibole. Elle a souvent subi beaucoup de "blanchiment" et est alors un peu plus pâle que de coutume, et de plus donne une brillante polarisation chromatique entre des nichols croisés. En dépit de l'élimination d'une portion considérable du fer, on trouve que le polychroïsme est encore très marqué. Elle contient souvent des grains irréguliers de magnétite. L'amphibole et la biotite dénotent souvent de la décomposition en chlorite. Des "halos polychroïques" entourant les petits grains ou cristaux enclavés sont fréquents dans l'amphibole et dans la biotite, ainsi que dans la chlorite qui en dérive. On trouve des cristaux d'épidote et de zoisite relativement gros et nettement marqués dont quelques-uns peuvent être d'origine primaire, bien que la plus grande proportion, et de beaucoup, soient indubitablement des produits secondaires de décomposition. Le quartz se montre presque invariablement, formant occasionnellement l'intervégétation granophyrique caractéristique avec le feldspath. Dans la plupart des cas, il n'est pas d'origine secondaire mais fait partie intégrante du même magma dont les autres minéraux ont été formés. Il a été comme de coutume le dernier mineral à se former, remplissant les interstices irréguliers laissés par la cristallisation des autres éléments constitutifs. L'ilménite et la magnétite fortement titaniées sont les minerais de fer prédominents et ils se présentent souvent en quantité relativement considérable. La plupart des éléments sont entourés d'un leucoxène grisâtre opaque ou du sphène plus normal résultant de l'altération du minerais en fer titané. L'apatite se rencontre habituellement en petite quantité, sous les formes prismatiques ordinaires, longues et

aciculaires et perçant tous les autres éléments constitutifs de la roche. La pyrrhotine, la chalcopyrite et la pyrite se trouvent fréquemment dissiminnées dans la roche et l'on constate au microscope qu'elles forment des massifs curieux irréguliers, en squelette ou spongieux, intimement associés aux constituants colorés et souvent enclavés dans ces constituants.

Ces diorites se présentent à toutes leurs périodes de décomposition, tout en conservant cependant beaucoup de leur nature massive primitive. Un type qui réalise bien ce que l'on peut appeler le degré extrême de cette décomposition se trouve réprésenté par un échantillon portatif provenant du tunnel creusé dans "Lake Hill" sur le lot 8, con. IV de Denison. Cette roche diabasique est finement grenue, d'un gris verdâtre relativement pâle, avec quelquefois de fins éparpillements de pyrrhotine et de calcopyrite. La plaque mince indique que toute l'amphibole et une partie de la biotite ont été décomposées en chlorite verte qui conserve beaucoup du fort pleiochroïsme qui caractérise les minéraux primitifs dont elle dérive. L'ilménite a été presque entièrent convertie en sphène qui existe en grains et en cris taux irréguliers. Le calcite est très, abondant et des portions de la glissoire sont formés d'une mosaïque assez grossière de quartz et de calcite. En règle générale ces diorites anciennes sont d'un grain relativement uniforme, mais il se présente des variétés porphyritiques et on a recueilli un bon modèle de cette espèce dans certains monticules bien arrondis sur le côté ouest du chantier neuf des mines Victoria ($\frac{1}{2}$ N. lot 8, con. III Denison). L'échantillon portatif décèle une roche à grain relativement grossier, composée de phenocrystes irréguliers et indécis d'une amphibole vert foncé, presque noire, enclavée dans une quantité relativement moindre d'une matrice assez finement grenue qui est de couleur un peu plus pâle. Le microscope indique que la roche est une porphyrite dioritique, composée en très grande quantité d'une amphibole verte faiblement pleiochroïque. Beaucoup de l'amphibole est compacte, mais dans les portions plus finement grenues de la roche, ainsi que dans les extrémités des grands cristaux, le mineral dénote une tendance marquée à prendre le genre de l'actinolite. Les interstices entre les plus grands éléments porphyritiques sont remplis de plagioclase saussuritisé, d'actinolite et d'ilménite, ce dernier minéral se montrant à diverses périodes de sa décomposition en leucoxène. Occasionnellement on peut remarquer de petites écailles de biotite enclavées dans l'amphibole.

Une autre roche intimement alliée est celle que l'on désigne généralement sous le nom de " porphyrite amphibolique." Ce genre de roche

est peut-être le mieux représenté par les affleurements qui existent au sud-est de la mine Elsie ; d'un autre côté les collines escarpées et proéminentes au sud-est du bureau de la mine Murray sont presque entièrement formées de matériaux de cette nature. La pâte est d'un grain beaucoup plus fin que dans la porphyrite dioritique qui vient d'être décrite ; mais les phenocrystes sont habituellement beaucoup plus gros et plus voyants, leur couleur vert-foncé, presque noire, avec des plans de clivage brillants fait un contraste marqué avec la pâte finement grenue et de couleur plus pâle composée en grande partie d'hypersthène avec un peu de feldspath. Cependant c'est une autre formation intimement alliée et qui peut être classée dans la catégorie générale des diorites plus anciennes et plus massives, sous le nom de " porphyrite dioritique." Les meilleurs échantillons de ces types ont été recueillis dans des affleurements mis à découvert un peu au nord de la frontière des townships de Graham et de Creighton, sur le lot 2, con. I, du township de Creighton. L'échantillon de manipulation indique une roche dioritique, vert-foncé assez schisteuse, avec des phénocrystes mal dessinés de plagioclase dont quelques portions sont d'une couleur vert-jaunâtre plus pâle tandis que d'autres portions des mêmes cristaux sont rougeâtres. Au microscope la plaque mince fait voir que ces gros phénocrystes irréguliers sont de la labradorite qui a subi une décomposition plus ou moins avancée en saussurite ou huronite avec développement de zoizite, épidote et séricite. Les portions rougeâtres des cristaux n'ont relativement pas été décomposées et laissent encore voir les lamelles maclées. Les matières plus fines des interstices sont composées essentiellement d'amphibole verte et de plagioclace. Quelques-uns des morceaux décèlent des intérieurs pâles et des bordures d'un vert relativement foncé qui sont généralement regardées comme caractérisant l'ouralite. La plus grande partie du plagioclase a subi une saussuritisation plus ou moins avancée. Le minerai de fer présent est, en grande partie, du moins, de l'ilménite, car on peut le voir se décomposer en leucoxène. Il y a un peu de quartz et occasionnellement des écailles de biotite.

Très fréquemment ces types plus massifs passent aux genres schisteux feuilletés, la structure est alors le résultat direct de la pression et de l'étirage et on peut en suivre toutes les gradations dans le même affleurement de roches, depuis la diorite gabbroïque massive, en passant par la dioritoschiste, l'amphiboloschiste ou amphibolite, jusqu'à l'actinolite et au chloritoschiste. Le type prépondérant d'amphiboloschiste ou amphibolite est une roche vert foncé qui va presque jusqu'au noir, généralement luisante et très fissile. Elle est composée en grande partie ; de

prismes minces de l'amphibole verte ordinaire, généralement compacte et fortement pleiochroïque mais quelquefois actinolitique, d'une quantité variable, mais généralement modique de plagioclase et de quartz occupant les interstices entre des éléments grossièrement parallèles. Dans les genres moins décomposés, le plagioclase primitif subsiste toujours bien qu'il soit plus ou moins saussuritisé ; mais en examinant quelques échantillons, on voit qu'ils ont subi une recristallisation plus ou moins complète avec la formation d'une mosaïque entremêlée de plagioclase d'une clarté limpide généralement dénué de stries (albite ?), et de quartz Il y a presque invariablement de la biotite et le minerai de fer est quelquefois de l'ilménite ou de la magnétite fortement titanée dont les grains sont bordés de sphène. Dans d'autres cas le minerai de fer est simplement de la magnétite ne décelant aucune trace de décomposition et ce minéral se présente souvent en grande quantité. De la pyrrhotine, chalcopyrite et pyrite sont quelquefois disséminées dans la roche en petits grains ; et, aux environs des gîtes de minérai, ces sulfures sont souvent présents en abondance dans ce genre de roches. Quelques affleurements de ces roches sont composés presque entièrement d'amphibole. La plaque mince d'une échantillon recueilli à la mine Cryderman (lot 5, con III, Garson) montre que cette roche est composée d'éléments d'amphibole intimement agrégés sans feldspath ni quartz intermédiaires. La magnétite est abondante et la pyrrhotine et chalcopyrite sont densément disséminées dans la roche. Quelques espèces de ces schistes amphiboliques sont quelquefois décomposées à un tel point qu'il n'a subsisté de place en place que des témoins de cristaux d'amphibole, le reste a été converti en chlorite. Le plagioclase et le quartz qui existent dans ces roches sont souvent impossibles à distinguer l'un de l'autre, le premier est du genre clair quelquefois dénué de stries (albite) qui est caractéristique chez ces éruptives recristallisées. La biotite se montre en beaucoup moindre quantité et a également contribué par sa décomposition à la formation de l'abondance de chlorite. L'épidote et le calcite se présentent aussi en quantité relativement considérable comme produit secondaire de décomposition. La magnétite est abondante et une grande partie est indubitablement d'origine secondaire. Ces roches sont généralement beaucoup plus pâles que les genres prédominants et moins décomposés d'amphibolite.

On a remarqué qu'en certains endroits ces schistes amphiboliques contiennent de nombreux lambeaux ou "yeux" petits, irrégulièrement ovals et de couleur claire, formés quelquefois entièrement de plagioclase ou d'une association de ce minéral à une quantité égale ou même supérieure de quartz ; et même, en certaines circonstances, on ne

trouve que le quartz. Ces lambeaux sont de différentes dimensions et de différentes formes, mais ils ont généralement moins d'un pouce de diamètre et ont à peu près les dimensions d'un petit pois. Dans certains cas quelques unes des plus grandes de ces étendues paraissent être faites d'un seul phénocryste imparfait de plagiaclose, mais l'étude des plaques décèle généralement une mosaïque composée de divers grains de ce minéral distincts et entremêlés, avec une quantité variable de quartz. La roche donne à première vue l'idée d'une amygdaloïde avec des amygdales ou vésicules remplie de matières quartzo-feldspathiques, mais il est plus raisonnable de leur donner pour origine de petits filons plus ou moins continus de pegmatite qui se sont déformés de cette façon puis séparées par suite de l'étirage. Cette structure se présente assez fréquemment et est le trait caractéristique d'étendues relativement considérables d'amphibolite. Des roches analogues ont été remarquées par le Dr. Coleman dans le voisinage de la mine de Frood, tandis que, dans la partie centrale du township de Graham, l'auteur de ce rapport a recueilli plusieurs échantillons de la ½ N. lot 8, con. III et de la ½ N. lot 1, con. IV, de ce township. La pâte dans laquelle se développent ces petites espèces œillées laisse voir un schiste amphibolique à grain fin composé en grande partie d'amphibole compacte, vert foncé, fortement polychroïque avec un peu de biotite. Dans l'échantillon de la ½ N. du lot 1, con, IV de Graham, le quartz et le feldspath de beaucoup de l'œillé contiennent de petis morceaux épars d'amphibole, de zoizite et de biotite.

Une autre espèce de roche qui a été remarquée en deux endroits à située une distance considérable l'un de l'autre, intimement associée à ces amphibolites est une roche schisteuse gris-foncé, presque noire et vaguement luisante. Une plaque mince d'un échantillon obtenu près des excavations du lot 12, con. IV de Denison, dénote un agrégat finement grenu de biotite de couleur pâle ou blanche avec une quantité beaucoup moindre de plagioclase. Les petits grains de sphène sont abondants ainsi que les fragments irréguliers de calcite.

Une autre espèce de la même roche est représentée par un échantillon recueilli auprès de la mine Century Copper, sur la ½ N. du lot 4, con. IV de Graham. Elle contient de fréquents éparpillements de pyrrhotine, pyrite et chalcopyrite et, en plus du plagioclase, renferme une quantité considérable de quartz. La biotite qui, en nappes assez grandes, est " blanchie " avec souvent des halos polychroïques ; elle entoure certaines des enclaves plus petites qui sont abondantes et contient du sphène, de l'épidote et de la zoisite.

Dans certaines occasions ces amphibolites contiennent du grenat qui est quelquefois abondant et se trouve souvent en gros cristaux mal définis ou arrondis. L'échantillon le plus frappant de cette roche provient sans aucun doute du voisinage de la mine Vermillon (lot 5 et 6, con. IV de Denison). La gangue laisse voir le schiste vert foncé à gros grain prédominant, dans lequel se développent des cristaux arrondis de grenat rougeâtre ayant quelque fois deux pouces de diamètre. La gangue est faite principalement d'amphibole et de quartz. Le grenat est assez normal mais il est craquelé et légèrement veiné de chlorite verte qui provient d'un commencement de décomposition. On a remarqué aussi qu'il contient des enclaves de magnétite et de quartz.

Il ne peut pas y avoir beaucoup de doute à l'égard de l'origine de la plupart de ces diorites plus anciennes ; elles représentent évidemment des éruptives basiques fortement décomposées, étirées et quelquefois complètement recristallisées. Mais il règne encore un doute sérieux quant aux conditions exactes qui ont procédé à la genèse de certains autres genres de roches qui sont associées intimement à ces diorites et y sont même quelquefois enclavées. Quelques unes dénotent, indistinctement quelquefois, les structures ellipsoïdales et amygdaloïdales qui caractérisent les épanchements de lave, tandis que d'autres encore sont presque certainement d'une nature pyroclastique, représentant des couches consolidées de cendres volcaniques et d'aggrégats fins ; mais toutes ont été tellement pressées et étirées qu'il est très difficile, sinon impossible de déterminer leur identité précise. Quelques portions des roches sédimentaires, principalement des quartzites et des grauwackes sont contenues dans ces étendues de diorite. Dans quelques cas, ces roches clastiques, qui se sont ainsi trouvées prises dans la diorite sont suffisamment grandes pour pouvoir être indiquées séparément sur la carte mais pour la plupart, elles sont relativement petites et ont été désignées sur la carte sous la même couleur que les diorites. Toutes ces roches clastiques sont fortement métamorphisées. Les tufs ou grauwackes sont maintenant formés spécialement de feldspath clair avec une proportion moindre de quartz, ce dernier minéral étant fortement décomposé en séricite ; la biotite, cholorite et magnétite ou ilménite sont les minéraux représentés le plus abondamment. La recristallisation a été souvent si avancée qu'il ne reste plus de trace de leur origine détritique. Les quartzites sont du genre feldspathique ordinaire, les grains qui les composent ne révèlent que rarement des traces d'action aqueuse et la structure la plupart du temps est grandement enchevêtrée.

(2.) Huronien Supérieur

B. CONGLOMÉRATS, GRÈS FELDSPATHIQUES ET QUARTZITES.

Bien qu'un grand nombre de roches comprises dans l'Huronien dans la région de Sudbury soient le résultat direct de l'action ignée, des étendues considérables sont supportées par d'autres roches d'une origine indubitablement sédimentaire. Les différentes espèces de ces roches ont été étudiées à fond et en détail et leur composition minéralogique exacte est maintenant bien connue ; cependant leur position stratigraphique n'a pas été aussi bien déterminée qu'on pourrait le souhaiter parce que l'on ne pouvait pas consacrer à cette étude le temps requis pour examiner et délimiter les éruptives les plus importantes qui sont directement associées aux gites du minerais. L'ordre géologique avancé dans ce rapport n'est donc pas basé sur une étude approfondie et spécifique des relations de ces roches sur le terrain et il faudrait un travail beaucoup plus complet pour pouvoir se prononcer finalement sur ce point avec autorité. Il est bon d'indiquer brièvement certaines difficultés qui ont surgi lorsque l'auteur a entrepris des recherches, même préliminaires. D'abord toutes les roches du district ont été grandement dérangées si bien que les couches primitivement horizontales sont maintenant penchées à un angle très ouvert et dans quelques cas même ont pris une position verticale ; plusieurs, même ont été complètement retournées à la suite des efforts mécaniques auxquels elles ont été soumises. Dans quelques cas et sur de grandes étendues, les roches ont été tellement métamorphisées que les plans primitifs de sédimentation sont masqués plus ou moins complètement ou même absolument détruits ce qui rend excessivement difficile, sinon impossible d'interpréter leur vraie structure ou succession. De plus, la situation se complique encore et l'explication satisfaisante est encore retardée par le fait du développement fréquent de certaines structures secondaires dues à une pression et à un étirage prononcés et prolongés. Les structures feuilletées, schisteuses et ardoisières ainsi produites sont souvent prises pour des plans de stratification bien qu'elles forment souvent avec ces plans des angles considérables. Enfin la continuité des étendues de ces roches clastiques est fréquemment interrompue par l'irruption de massifs irréguliers de matières ignées qui n'ont pas seulement fortement dérangé et voilé l'ordre primitif des dépôts, mais encore divisent ces sédiments en un certain nombre de bassins distincts dont la corrélation demande pour être révélée une étude plus détaillée que l'auteur ne pouvait en consacrer à cet ouvrage. Par suite, rendu à ce point, l'auteur ne présente pas sans une certaine hésitation l'ordre de

succession auquel il s'est arrêté dans ce rapport, convaincu toutefois que c'est sans aucun doute une classification beaucoup plus complète et plus satisfaisante qu'aucune de celles qui ont été essayées jusqu'à ce jour. Sauf deux ou trois points de moindre importance, cette classification ne diffère pas beaucoup du projet soumis par le Dr Coleman dans son dernier rapport (1) et nous sommes d'accord tous deux pour exprimer l'opinion que l'irruption de la norite nickelifère, est survenue à une date beaucoup plus récente qu'on ne l'avait supposé précédemment. Il est cependant à espérer que le Dr Coleman, après avoir achevé les travaux auxquels il se livre dans cette région décidera beaucoup des questions qui sont encore en litige ou même à l'état de faibles conjectures. Aussi la publication de sa monographie est-elle attendue avec, impatience dans l'espoir que cette question de succession, en particulier y sera traitée complètement et de manière à donner pleine satisfaction.

Les roches clastiques les plus anciennes qui affleurent dans le voisinage de Sudbury sont certains grès feldspatiques ou grauwackes fréquemment interstratifiés avec des quartzites ou arkoses fieldspathiques et passant même à cet état par gradations insensibles, les dernières de ces roches étant pour la plupart les plus récentes et constituant le sommet de la série. Ces roches sont évidemment intimement alliées, la différence principale remarquée consistant dans la grosseur relative du grain et dans la plus grande quantité de quartz dans les quartzites; il y a moins des matières intermédiaires plus finement grenues, celles-ci étant remplacées en grande partie par un produit de décomposition de sericite de couleur plus pâle ; tandis que dans la grauwacke, la texture est plus fine et le feldspath et non le quartz est l'élément constituant prépondérant. Les quartzites se trouvent généralement en lits massifs puissants qui sont d'une composition minéralogique très uniforme, tandis que les grauwackes sont beaucoup plus distinctement et également stratifiées ; certaines argiles schisteuses et ardoises que l'on voit dans la région sont évidemment des espèces finement stratifiées de cette roche. On peut constater entre ces deux roches toutes les étapes successives de décomposition et de structure et les deux périodes extrêmes y sont très distinctes et reconnaissables. Des étendues relativement considérables sont caractérisées par la prépondérance de l'une ou l'autre de ces roches.

Quelques-unes des grauwackes sont évidemment de la nature de sédiments vaseux, déposés dans l'eau dans les conditions ordinaires de décomposition et de dépôt ; mais les tufs en constituent de beaucoup la plus grande partie, ils représentent la consolidation de ce qui était primiti-

(1) Rapport annuel du Bureau des Mines, Ont., 1903, p. 298.

vement des cendres volcaniques et résultent de l'action explosive à laquelle est due l'apparition à la surface des grandes zones de diorite. Celles-ci dans la plupart des cas ont été assorties et redisposées par l'action de l'eau ; mais, dans d'autres cas, on ne peut pas découvrir dans les grains qui les composent de traces d'action d'arrondissement, même dans les espèces qui ont subi peu ou point de décomposition. Ces roches sont généralement gris foncé, brun pourpre ou gris verdâtre. Elles sont souvent régulièrement et très distinctement fasciées et présentent différentes teintes de gris. Le jointage est fréquent ainsi que le clivage ardoisier. Elles ont souvent subi des failles et de l'éclatement et dans le voisinage des divers massifs de diorites, elles sont imprégnées et souvent décomposées par des langues et des massifs irréguliers de matières basiques ignées. Elles sont fréquemment porphyriques et généralement les phénocrystes sont petits, très densément disséminés et d'une couleur grisâtre très pâle ou même blanchâtre. C'est pour cette raison que la roche a été désignée, sur le terrain, sous le nom de " roche de riz." Ces phénocrystes sont probablement de l'andalousite ou de la staurolite, mais les squelettes sont maintenant occupés par un agrégat confus d'écailles minces de séricite et de quartz. D'autres affleurements laissent voir de petites taches brun-jaunâtre provenant du rutile, et d'autres encore présentent des phénocrystes irréguliers d'amphibole remplacés maintenant complètement par de la chlorite. Les plaques minces examinés au microscope révèlent une roche qui a subi une décomposition très prononcée. Elle est généralement composée en grande partie de feldspath avec une proportion moindre de quartz en petits fragments anguleux et légèrement arrondis. Ceux-ci sont entourés d'un réseau d'écailles de séricite et de chlorite avec beaucoup de minerai de fer opaque. Les plus grands individus, au moins, ont été évidemment de l'ilménite mais sont maintenant presque complètement décomposés en leucoxène. Les bandes plus foncées sont formées de parcelles poussièreuses de minerai de fer plus densément disséminées et dont beaucoup du moins, sont de l'ilménite. Dans le voisinage des divers massifs éruptifs, aussi bien que dans les massifs qui se sont trouvés pris dans la diorite, ces roches sont très décomposées et les différentes espèces ont été désignées comme des micaschistes, felsites et phyllites. Les roches mentionnées comme des quartzites sont massives, bien que généralement distinctement stratifiées, elles sont d'un gris pâle rougeâtre, gris jaunâtre, ou gris verdâtre. Elles sont intimement associées et souvent inerstratifiées avec les tufs ou grauwackes, si bien qu'il est souvent impossible de les séparer sur la carte. Au microscope, la plaque mince indique une roche composée

principalement de quartz avec une proportion un peu moindre de feldspath dont la plus grande partie est exempte de stries et par suite est peut-être de l'orthoclase. On remarque occasionnellement des grais de microcline, dénotant les différentes périodes de développement de la structure fine caractéristique, contre-hachée et maclée. Beaucoup du feldspath est décompsé en une espèce aqueuse de moscovite (séricite) se présentant par écailles et par plaques jaunâtres pâles ou incolores qui avec des fragments de feldspath non décomposés forment une pâte dans laquelle sont enclavés de plus gros individus de quartz et, plus rarement de feldspath.

La structure de ces roches est en grande partie enchevêtrée ; mais quelques specimens indiquent une structure distinctement clastique, tandis que chez la plupart, la ressemblance avec les clastiques authentiques recristallisés ne permet pas la moindre erreur.

Un peu plus d'un mille au nord-ouest de Sudbury, le chemin de fer Canadien du Pacifique traverse une bande de quartzite feldspathique très fortement décomposée ; les affleurements de cette roche forment une série de collines relativement élevées et bien visibles. Cette bande mesure une moyenne d'un demi-mille de largeur, et s'étend sans solution de continuité au voisinage de la mine de Frood à Copper Cliff. La dénudation a enlevé une portion considérable de ces roches laissant seulement de petites étendues comme celle qui affleure directement au nord de l'ancienne mine de Copper Cliff. Ces roches se voient encore à l'ouest des Ontario Smelting Works, à Copper Cliff et forment de hautes collines qui, sauf quelques interruptions de peu d'importance, se prolongent dans une direction sud-est un peu au dela de la ligne de démarcation des townships de Waters et de Graham. Des étendues de roches très semblables sont indiquées sur les cartes comme existant dans le township de Denison, le plus fort massif embrassant une espace considérable au nord de la mine Vermillon. L'examen au microscope de la plupart des plaques minces représentant cette roche, donne peu d'indications sur son origine et les affleurements pourraient facilement figurer sur la carte comme de la biotite ou du granite amphibolique, mais la présence d'une brêche de nature autoclastique, au raccordement entre cette roche et les grauwackes du sud-est peut être interprêtée comme l'indication d'une irruption de roche granitique dans le grauwacke.

Ces petits éléments quartzo-feldspathiques, généralement parallèles et apparemment de la nature de dykes, sont en réalité des couches minces d'éléments d'arkose qui, primitivement sans solution de continuité, ont été élongés, brisés et séparés pendant que se produisait l'étirage,

tandis que les roches encaissantes, ayant cédé plus facilement à la déformation, ne laissent pas voir de traces d'action autoclastique. Ce quartzite est fréquemment tacheté dans le voisinage de la ligne du chemin de fer ; les plaques ou taches d'une couleur rougeâtre pâle ou rosâtre sont enclavées dans un réseau de matière grisâtre sans qu'il existe cependant de démarcation bien nette ni bien accentuée entre ces deux portions de la roche. Il est composé principalement de quartz, de feldspath, de biotite de moscovite et quelquefois d'amphibole, ce dernier minéral se remarque surtout dans les affleurements de roches traversés par le chemin de fer et la route charretière d'Azilda. Le minéral se présente généralement en long prismes minces, d'une couleur vert foncé, disposés à des angles divers les uns relativement aux autres et qui sont évidemment le produit d'une action secondaire.

Les minéraux qui composent ce quartzite possèdent des contours irréguliers, enchevêtrés, sans généralement d'indice de l'action arrondissante de l'eau et à première vue ils ont tout l'air d'un gneiss ou d'un granite. Un examen de ces roches telles qu'elles se présentent sur le terrain est cependant beaucoup plus satisfaisant que l'examen de plaques minces au microscope. A certains moments on peut distinguer une série de couches, différant considérablement quant à la composition et à la texture et le tout se présente sous la forme d'un bassin synclinal reposant sur les grauwackes. Ce quartzite représente le type le plus avancé d'une arkose recristallisée auquel on a proposé de donner le nom de "granite régénéré". (1) Dans l'Huronien, il n'y a pas de très grandes étendues de conglomérat et la position exacte de ces roches est encore douteuse, mais il faut espérer que les recherches futures permettront d'énoncer définitivement quelle est leur position stratigraphique. D'après les études de l'auteur de ce rapport, ces conglomérats semblent reposer à la base d'une formation qui, remontant aux grès feldspathiques couleur plus foncée ou grauwackes, est ensuite recouverte par les quartzites feldspatiques ou arkoses qui occupent la plus grande partie de la portion sud-est de la carte Sudbury.

Ces roches, sont en général, de couleur gris foncé avec des fragments disséminés anguleux, subanguleux ou arrondis, principalement de quartz de granite et de diorite, etc. Les plaques minces laissent voir une roche composée de fragments, surtout de quartz, mais aussi d'orthoclase, de plagioclase et de micropertite. Les fragments composites les plus abondants sont de la granitite formée principalement de micropertite et de quartzote réunis avec un peu de biotite. Tous les gros individus sont enclavés dans une pâte composée de morceaux beaucoup

(1) Quart. Jour. Geo. Lon. Vol LIII. (1897) p. 44.

plus fins de quartz et de feldspath avec de la biotite, de la sericite et de la chlorite vert pâle. On rencontre quelquefois des grains de pyrite et un peu d'ilménite. D'excellents affleurements de ce dernier conglomérat se voient le long de la ligne du chemin de fer Canadien du Pacifique immédiatement à l'est de Sudbury et dans le voisinage de la rive nord du lac Ramsay. Comme de coutume, ces conglomérats sont d'un développement absolument local et ne couvrent pas une forte étendue du pays, la grande étendue à l'est de Sudbury est, de beaucoup, la plus importante qui soit couverte par ces roches détritiques grossières. Des affleurements d'une roche très semblable existent sur le lot 7, con. I du township de Denison au sud d'un petit lac, le conglomérat supporte le quartzite en cet endroit.

Le Dr. Coleman indique que le conglomérat le plus typique de la région cependant, s'étend sous forme d'une bande très interrompue du nord-est au sud-ouest, près de la mine Stobie, laissant voir des galets très entassés, et de petits cailloux de plus d'une douzaine d'espèces, comprenant du granite, du quartzite plusieurs variétés de roches schisteuses vertes, ainsi que de la diorite. (1) L'existence de ces conglomérats et la nature de leurs galets indique un défaut probable de concordance dans l'Huronien et il est bien possible qu'il existe une série inférieure et une série supérieure, la première formée de diorites, de schistes, de grauwackes et de quartzites fortement décomposés (granites régénérés), surmontés sans concordance des conglomérats que l'on vient de citer avec les grauwackes et les grès feldspathiques sus-jacents que l'on voit dans la partie méridionale de la carte des mines Victoria et dans la partie sud-est de la carte de Sudbury. En plus de ces roches détritiques grossières, qui sont évidemment des dépôts riverains consolidés il y a certains pseudo-conglomérats ou roches autoclastiques résultant comme on l'a déjà dit de la pression et de la déformation. Ces conglomérats " d'écrasement " sont abondants spécialement lorsque les quartzites plus durs et plus friables viennent en contact avec les grauwackes schisteux. Certaines portions des roches schisteuses vertes, imprégnées de matériaux granitiques sont aussi devenues autoclastiques, par l'étirage et le roulement des roches, tandis que de grandes portions des grauwackes elles-mêmes ont été brisées, les fragments se sont séparés et ont été récimentés par des matières similiaires quoique un peu plus grossières.

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines Ont., 1903, pp. 239 et 290.

(2.) Huronien Supérieur ?

(o.) norites et diorites plus anciennes ?

On trouve certaines étendues de gabbro et de norite avec la diorite qui en dérive et qui n'ont aucune relation directe ni visible avec le massif principal de norite nickelifère. La plupart de ces massifs irruptifs dénotent certaines particularités de composition et de structure que toutes semblent posséder communément et grâce auxquelles on peut généralement les distinguer de la norite ordinaire. L'existence de ces particu'arités ainsi que leur décomposition plus considérable prédominante, font croire à une différence d'âge probable et la place qui leur est assignée dans le tableau des formations géologiques qui sont à découvert dans cette région semble être aussi rapprochée que possible de la réalité. La plupart de ces massifs, au moins sont distinctement plus récents qu'aucune des roches clastiques avec lesquelles ils viennent en contact car ils transpercent et modifient les couches les plus élevées des quartzites qui se présentent dans la région embrassée par les portions sud et sud-est des deux cartes ci-jointes. Leur ancienneté relativement au granite ou au massif principal de norite est inconnue car jamais on ne trouve ces massifs avec ces roches. Cependant ils sont plus anciens que la diabase à olivine car on voit des dykes de cette roche, la plus récente de l'étendue, qui les recoupent en plusieurs endroits.

A l'exception de la mine Worthington, on n'a pas trouvé de gisements de cuivre ou de nickel considérables ou d'une valeur industrielle joints à ces roches, bien que les mines de Mitchener et de Totten situées dans le township de Drury aient été creusées dans des massifs de ces roches qui étaient directement reliés à l'irruptive de la mine Worthington. On sait que d'autres gisements de ces sulfures existent en différents endroits, comme par exemple, sur le lot 12 con. III du township de Neelon où l'on a trouvé de la pyrrhotine contenant 3·10 p. c. de nickel et sur la moitié nord du lot 4, con. VI du township de Neelon ; mais, jusqu'à présent, aucun de ces gisements n'a de dimensions suffisantes pour constituer des mines exploitables dans les conditions actuelles.

Une de ces bandes de norite part du township de Drury au sud du chemin de fer Canadien du Pacifique et s'étend au travers de la partie méridionale du township de Denison pour finir à peu de distance à l'est de la rivière Vermillon. Les petites étendues marquées sur la carte comme se présentant sur le lot 12, con. II et III du township de

Denison sont de la même roche. Une autre bande forme la hauteur de terre entre les lacs à la Truite, Clair et du Poisson Blanc, (*Trout, Clear and Whitefish lakes*) au sud-est et les lacs McCharles et Simon au nord-ouest. La portion la plus élevée de la crête a une altitude de 220 pieds au dessus du lac McCharles. La continuation probable de cette bande forme les collines plus élevées au nord-ouest du lac Kelly et avec quelques interruptions peu importantes, les crêtes provenant de l'affleurement de ces roches dures s'étendent jusqu'à l'extrémité orientale du lac Ramsay. Au nord du chemin de fer Canadien du Pacifique et à l'est de la ville de Sudbury, la roche forme une série de collines excessivement escarpées et relativement élevées, dont la plus haute dépasse de plus de 100 pieds le niveau de la mer. Ce massif de norite et de diorite embrasse une étendue d'environ quatre milles carrés dans cette partie des townships de McKim et de Neelon et détache un long bras étroit qui traverse la sixième concession du township de Neelon. On sait que le grand massif irrégulier de matières ignées analogues que l'on trouve dans la partie orientale de Neelon et qui est indiqué sur la carte comme embrassant des portions des troisième, quatrième et cinquème concessions se relie directement à ce même massif. A l'exception de massifs séparés plus petits, auxquels se rattachent les mines de Frood et de Stobie et qui appartiennent indubitablement au massif principal de la norite, toutes les étendues plus petites de roches ignées basiques et massives, indiquées sur la carte sont formées de cette roche ou d'un type intimement allié. En plus de ces roches on constate l'existence d'étendues considérables de diorite massive qui leur sont intimement associées et qui probablement y font irruption, ce sont les diorites et tufs plus anciens qui composent la plus grande partie de l'étendue embrassée par les troisième et quatrième concession de Denison. Ces roches sont tout à fait distinctes de celle qui forme le massif principal de norite et paraissent plus intimement alliées à la norite irruptive plus ancienne. Des étendues analogues de roches dioritiques se présentent dans la bande d'amphibole et de roches tufacées plus anciennes qui traverse les troisième et quatrième concessions de Graham au sud du massif de granite. On sait que des gisements de pyrrhotine, chalcopyrite, pyrite et arsenopyrite cobaltifère existent avec ces roches mais elles n'ont pas encore à présent d'importance industrielle.

En place ces affleurements de norites plus anciennes sont de couleur verdâtre pâle, faisant contraste avec les tons gris foncés ou noirs du massif principal de norite. Ils ont en général un grain plus fin, sont d'une texture éminemment basique et décèlent souvent des amas

considérables de pegmatite dioritique ou malachite ; ils différent à cet égard de la diorite ordinaire qui est d'un grain remarquablement uniforme dans toute l'étendue. Vus au microscope ils contiennent moins de grains et l'amphibole est toujours de l'actinolite et non l'espèce compacte commune dans la diorite provenant de la norite du massif principal.

Il est assez rare de trouver des représentants non altérés de cette norite relativement plus ancienne, et les spécimens recueillis par l'auteur avec le plus grand soin dans des endroits séparés les uns des autres par de grandes distances contiennent seulement deux échantillons où les pyroxènes sont assez frais pour qu'on puisse discerner immédiatement leur identité et, même dans les plaques microscopiques de ces échantillons, la plus grande partie des constituents ferromagnésiens primitifs sont représentés seulement par la serpentine et l'actinolite secondaires ordinaires.

Un des échantillons de manipulation de la variété la moins décomposée de la norite recueilli près de l'extrémité orientale de la bande de diorite, entre les lacs Simon et du Poisson Blanc est une diorite massive verdâtre clair, à texture moyenne, massive avec peu ou point de trace d'avoir été soumise au dynamo métamorphisme.

La plaque mince indique un gabbro à hypersthène ou norite dont la plus grande portion a subi une modificatiom ou décomposition chimique avancée. Il est maintenant composé en grande partie de plagioclase et d'une serpentine intimement alliée, sinon identifiée à de la bastite. Ce dernier minéral est évidemment secondaire et occupe très approximativement la même position que la matière primitive de bisilicate qui a donné lieu à sa production en se décomposant. Quelquefois, des étendues restreintes font voir les minéraux pyroxéniques primitifs à différentes étapes de la décomposition bastitique. Une hypersthène confusément polychroïque ou enstatite et du diallage existent tous deux et quelques-uns des individus ou grains de ces minéraux sont difficiles à distinguer les uns des autres. Ces deux minéraux sont presque incolores, mais la bi-réfraction de l'hypersthène est faible, tandis que le diallage au contraire décèle une polarisation chromatique brillante. Les deux pyroxènes laissent voir un polychroisme faible mais distinct et celui que possède l'hypersthène est plus net. L'index de réfraction de l'hypersthène est un peu plus élevé que celui de diallage tandis que ce dernier mineral décèle fréquemment un entrelacement polysynthétique. Cependant les deux pyroxènes se décomposent en bastite, verdâtre clair généralement fibreuse mais quelquefois écailleuse, montrant fréquemment de brillantes couleurs de polarisation. Par

places cette bastite se convertit en amphibole fibreuse, verdâtre, pâle, faiblement polychroïque, ou actinolite ; cette ouralisation est spécialement marquée dans le voisinage des lisières des individus. Ces étendues bastitiques contiennent un grand nombre de petites écailles et plaques irrégulières d'une biotite claire apparemment secondaire et en certains endroits sont encombrées de petits grains de magnétite secondaire. Le plagioclase qui, si l'on en juge par les angles d'extinction est de la labradorite, présente un développement poïkilitique marqué ; ce mineral disparaît simultanément sur de grandes étendues qui, dans la plaque mince, sont séparées en totalité ou en partie par des morceaux de bisilicate qui interviennent. Cet effet poïklitique est également notable dans l'échantillon de manipulation par suite de la l'uniformité de réflexion lumineuse des individus de plagioclase. Des grains relativement gros et irréguliers de magnétite probablement titanée sont aussi disséminés dans la roche, tandis que le quartz remplit occasionnellement les interstices entre les feldspaths de forme horizontale.

Un autre spécimen représentant une espèce très fraîche de cette roche a été recueilli dans une petite colline à l'ouest de la route frontière, sur le lot 11, con. V, de Neelon. Le Dr Coleman cite le fait qu'un specimen de cette roche provenant du sommet de la colline à l'est de Sudbury est "une norite typique composée essentiellement d'enstatite faiblement polychroïque ou hypersthène et de plagioclase ce dernier étant quelque peu lamellaire." (1)

Une plaque mince provenant d'un spécimen pris dans le gros massif de cette roche qui existe au sud-est de la mine d'Evans fait voir une espèce fortement décomposée de cette norite. Les minéraux pyroxéniques primitifs sont complètement convertis en un agrégat d'écailles et de fibres de serpentine qui polarisent brillamment et qui se convertissent à leur tour en certains cas en actinolite. La biotite de couleur claire est abondante. Une petite quantité d'amphibole compacte brun verdâtre se présente également, Le plagioclase avec les teintes brûnâtres pâles, si fréquentes dans ces roches, existe en cristaux bien maclés larges, allongés ou en plaques et en règle générale ces cristaux sont très frais. Le quartz n'est pas très abondant et quelques grains sont entremêlés de plagioclase, formant le granophyre caractéristique. Le minerai de fer est de l'ilménite avec des bordures de sphène. L'apathite est abondante sous sa forme mince prismatique.

Une autre plaque mince prise d'un spécimen recueilli dans la moitié septentrionale du lot 10 con V de Neelon est encore plus décomposée,

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont. 1903, p. 296.

le pyroxène y est remplacé par une serpentine vert jaunâtre très pâle et de l'actinolite. On peut y étudier toutes les étapes intermédiaires de la conversion de la serpentine en actinolite. Une grande partie du feldspath est clair et très frais avec une couleur brunâtre pâle, mais les étendues de ce minéral ont été envahies dans une grande mesure par de petites fibres et des cristaux d'actinolite. Une petite amphibole compacte brunâtre se montre également. On trouve une grande quantité de zoisite comme produit secondaire de la décomposition. De l'ilménite, grandement décomposée en sphène et quelquefois des grains de pyrrhotine et de chalcopyrite existent là aussi et le quartz occupe quelquefois les interstices irréguliers entre les lamelles de plagioclase. Un autre spécimen de la moitié septentrionale du lot 4, con. VI de Neelon a aussi été examiné au microscope. La roche peut être qualifiée à présent de diabase quartzeuse ouralitique. Le pyroxène primitif est représenté maintenant par une bastite verdâtre pâle, faiblement polychroïque et par de l'actinolite, beaucoup du plagioclase est assez clair et frais mais une partie a subi une saussuritisation considérable. On trouve un peu d'amphibole brunâtre. Le sphène en grains irréguliers avec des carottes noires opaques d'ilménite, l'épidote la zoisite sont les autres minéraux principaux remarqués.

L'actinolite, la diorite et le schiste auquel sont associés les gisements des mines de Worthington, Mitchener, Totten et Macdonell ou Gersdorffite, sont évidemment des espèces très altérées de cette norite. Ces gisements présentent entre eux des particularités communes, qui les distinguent des autres gites de minerais reliés au massif principal de la norite. Un peu de cette roche recueilli à la mine Vermillon peut bien être de la même espèce et de la même époque, mais ce point n'a pas pu être fixé. Il ressort de ce qui précède qu'il est évidemment difficile, sinon impossible de pouvoir dans tous les cas déterminer l'identité de chaque spécimen en particulier de norite décomposée ou même des différents massifs séparés. Mais, d'une façon générale, ces deux norites sont distinctes et séparées l'une de l'autre et les caractéristiques déjà citées pour les distinguer seront en général suffisants.

(3.) Granite laurentien et gneiss dioritique.

Les roches classées habituellement comme Laurentiennes comprennent une série de roches éruptives feuilletées, de composition principalement granitique et dioritique, traversant l'angle sud-est de la carte de Sudbury dans les townships de Dill et de Neelon, dans le voisinage de la rivière Wanapitei. Ces roches possèdent un feuilletage bien accentué,

cette texture étant déterminée non seulement par l'alternance des bandes de couleur plus faible et plus foncée mais aussi par la disposition parallèle ou par l'alignement des minéraux qui les composent. Les bandes de couleur plus claire sont généralement de la teinte prédominante rouge chair, et sont composées en grande partie de quartz avec de l'orthoclase de la microline et microperthite comme constituants feldspathiques ; ce minéral, avec de la biotite en quantité variable constitue le gros de cette roche. Les bandes de couleur plus foncée contiennent moins de quartz et beaucoup de mica avec de l'oligoclase comme feldspath principal. La biotite est souvent décomposée en chlorite. La muscovite et le zircon existent quelquefois en petite quantité. Le grenat est très abondant ; l'espèce prédominante est l'almandine et il est plus ou moins bien arrondi, mais quelques uns des individus bien constitués montrent des faces de dodecaèdre rhombique et d'un icositetraèdre. Un des minéraux les plus intéressants est peut-être la cyanite qui abonde dans certaines parties de la roche et se trouve dans les roches micacées comme dans les roches feldspathiques. Ce minéral se présente en cristaux plats, comme des lames de couteau et les couleurs bleuâtre et blanchâtre prédominent. Dans les bandes micacées, la couleur est spécialement vive et d'une belle teinte azur un peu irrégulièrement disséminée et voilée dans ses effets ; la couleur est quelquefois plus accentuée au centre des cristaux qui deviennent graduellement incolores vers les bords. Ces cristaux sont déposés pour la plupart parallèlement au feuilletage, mais quelques individus sont disposés à des angles considérables dans cette texture. La sillimanite ou fibrolite se voit aussi quelquefois spécialement aux plans de glissement ou de jointage et donne des indices évidents de pression et d'étirage. Ces gneiss sont distinctement d'origine irruptive et leur irruption dans les quartzites et les autres roches clastiques se montre partout où la ligne de raccordement est assez à découvert pour qu'on puisse examiner et étudier la parenté entre les deux.

(4.) Roches clastiques de l'Huronien supérieur. ?

Les roches ainsi classées occupent la grande étendue ovale située immédiatement au nord-ouestde la bande principale d'éruptives nickelifères et des autres éruptives analogues et surmontée par la grande plaine argileuse qui a déjà été décrite comme étant éminemment propre à la culture. A la suite d'un premier examen géologique, ces roches ont été considérées par le Dr Bell comme étant probablement de l'époque Cambrienne et ont été teintées en conséquence sur toutes les cartes

géologiques subséquentes. Leur époque géologique précise est encore douteuse, mais les travaux postérieurs semblent indiquer leur relation intime, au point de vue de l'âge et de l'origine, avec le massif principal de norite et de micropegmatite. Si, comme la chose est probable, à en juger par les travaux déjà accomplis, ces différentes zones de norite nickelifère sont en réalité les portions mises à découvert d'un laccolithe continu avec quelquefois des irrégularités ou ressauts de peu d'importance, alors, comme l'a montré le Dr Coleman (1), on verra que, sans aucun doute, ces roches clastiques les plus récentes occupent une auge synclinale surmontant cette nappe de roches irruptives profonde et disposée en forme de plateau.

Ces roches vont de la partie sud-est du township de Trill jusqu'à quelques milles du lac Wanapitei, leur étendue a donc presque trente cinq milles de longueur avec une largeur extrême d'un peu plus de huit milles.

Elles comprennent à la base certaines brêches et agglomérats dont la plus grande partie du moins, sont d'origine pyroclastique ; ces roches passent, en remontant, aux argiles schisteuses bitumineuses, qui à leur tour sont surmontées par une grauwacke relativement grossière ou grès feldspathique.

La découverte de l'identité de la brêche à la base de cette série comme cendre volcanique consolidée est le résultat des études microscopiques entreprises par feu le professeur G. H. Williams, sur des matériaux à lui fournis par le Dr Bell. Le fait très important de l'existence dans cette roche ancienne d'une brêche de verre volcanique, la minutie des détails de texture qui ont été si exceptionnellement bien préservés par la silification au point d'en permettre la reconnaissance positive ont constamment provoqué l'intérêt et les commentaires des géologues qui considèrent ces périodes primitives de l'histoire de la terre comme caractérisées par une activité volcanique explosive prolongée.

Une description de ce type de roche relativement rare a été soigneusement préparée par le professeur Williams et communiquée à une assemblée de la Société Géologique d'Amérique, tenue le 31 décembre 1890. Ces détails se trouvent dans une annexe au travail du Dr Bell sur les gisements de nickel et de cuivre de cette région, travail qui a été lu également à cette réunion. (2)

Les matériaux soumis à l'examen étaient deux petits échantillons de manipulation recueillis aux plus basses chutes de la rivière Onaping.

(1) Ann. Rep. Bur. Mines, Ont., 1903, (Illustration 52) pp. 288-289.
(2) Bull. Geol. Soc. Am. Vol. II., 1891, pp. 125-137.

La description du professeur Williams [1] est si complète et tellement satisfaisante qu'on peut la citer à cet égard.

" Dans un échantillon de manipulation, cette roche présente une pâte felsitique presque noire, dans laquelle sont enclavés des fragments à arêtes vives ou légèrement arrondis variant en descendant depuis 1½ cm. de diamètre jusqu'aux dimensions ultra-microscopiques. Ces fragments sont de couleur plus claire que la pâte mais diffèrent entre eux considérablement quant à la teinte, la texture et la composition. La majorité ressemblent par leur aspect à de la calcédoine, d'autres sont verdâtres, tandis que quelques-uns des plus gros fragments sont maintenant remplacés par un cristal unique de calcite. On découvre aussi quelquefois de petits grains de quartz vitreux clair et les taies de pyrrhotine sont partout abondantes. Beaucoup des fragments anguleux montrent distinctement à la loupe un épanchement ou texture vésiculaire qui est encore mieux apparente à l'examen d'une plaque mince au microscope. Les fragments même ceux des plus faibles dimensions, ont la forme angulaire caractéristique des filaments de verre produits par des éruptions volcaniques avec une texture vésiculaire plus ou moins grossière. La texture de fluide est aussi parfaitement marquée par des lignes sinueuses de globules et de microlithes qui aboutissent abruptement contre les bords brisés des parcelles de verre comme dans les vitrophyres les plus récents. Des taches minces de pyrrhotine sont disséminées dans la coupe. La pâte est de couleur foncée, par suite de l'entassement de menues globules noires dont la nature ne peut pas être discernée même avec l'aide des microscopes les plus puissants. Entre les nicols croisés on voit qu'elles sont formées de quartz fortement calcédonique qui a changé le verre facilement altérable en une sorte de jaspe. La chlorite abonde aussi, elle est fréquemment disposée en bordure d'écailles qui rayonnent autour des bords des fragments de façon à leur donner une teinte verte dans l'échantillon de manipulation. Les grains plus gros sont toujours une fine mosaïque de quartz entrelacé mais quelques-uns sont composés d'un individu unique de quartz vitreux clair. Les seuls autres minéraux dont l'identité pouvait être établie dans la plaque étaient de la calcite et quelques grains d'un feldspath vitreux strié. Le présence de ce dernier minéral est très remarquable car on aurait pu s'attendre qu'il eût disparu à la suite des vicissitudes par lesquelles cette roche a passé."

En d'autres endroits cette roche laisse voir une plus grande diversité dans la matière de ses plus gros morceaux et l'on trouve fréquemment

(1) Rap. Ann. Com. Geol. Can. Vol. V. 1890-91. Partie F.

des roches composites formées en grande partie de quartz et de feldspath, soit du granite, soit du quartzite recristallisé. Le plagioclase et le quartz, généralement en morceaux anguleux et sous-anguleux sont souvent représentés, tandis que l'épidote et l'amphibole. mentionnés également par le Dr Coleman, figurent aussi dans les plaques minces examinées par l'auteur.

Il n'a pas été encore fait d'analyse chimique complète des specimens séparés examinés par le professeur Williams, mais le Dr Hoffman a fait la détermination de la silice et trouvé qu'ils contiennent 60.23 p.c. Cependant le Dr T. L. Walker a fait une analyse d'un specimen de cette brèche recueilli sur la rive nord du lac Whitson et cette analyse a donné le résultat suivant : (1)

SiO_2	59-93	Na_2O	3-80
Al_2O_3	12-12	K_2O	0-97
FeO	10-56	Perte au chauffage	1-57
MnO	trace		
CaO	4-49	Total	98-63
MgO	5-19		

Différents sulfures, surtout de la pyrite, mais quelquefois aussi de la pyrrhotine et de la chalcopyrite sont souvent disséminés en abondance dans cette roche et le relevé a été fait de pas mal d'emplacements miniers que l'on croyait contenir des gisements susceptibles peut-être de devenir des mines. Un de ces endroits qui promettaient le plus et qui a été visité par Mr. Leroy, était situé sur la moitié méridionale du lot 8, con. IV du township de Dowling et les spécimens recueillis ont été remis au Dr. Hoffman pour qu'il en fasse l'analyse. Le spécimen de manipulation montre une pyrrhotine massive à laquelle se trouve associé un peu de chalcopyrite et une proportion un peu plus considérable de pâte. M. F. G. Wait (2) a trouvé que la pyrrhotine débarrassée de la chalcopyrite et de la pâte contient 0.26 p. c. de nickel avec un indice de cobalt. Reposant sur cette brèche ou agglomérat, il y a certaines argiles schisteuses bitumineuses noires avec souvent des clivages ardoisiers bien développés. Cette roche est composée principalement de menus morceaux de quartz avec des écailles intermédiaires de chlorite et de séricite et une abondance de parcelles noires opaques disséminées de matière carburée ou bitumineuse. Ces ardoises contiennent quelquefois des fissures occupées par de l'anthraxolite ou anthracite en filon et il y a quelques années la découverte d'un grand affleurement de cette matière dans le township de Balfour a causé beaucoup d'exci-

(1) Quart. Jour. Geol. Soc. Lon. Vol. LIII, 1897 p. 45.
(2) Rapp. ann. Comm. Géol. Can. Vol. XIII. Partie R.

tation. Des échantillons de la roche avoisinante, analysés par le Dr. Ellis ont donné 6.8 p. c. de carbone dans l'argile schisteuse.(1) Les roches les plus élevées de cette série sont certains grès gris et des argiles schisteuses, les premiers contenant fréquemment des concrétions qui subissent l'action atmosphérique plus rapidement que la pâte dans laquelle elles sont enclavées. On peut souvent reconnaître à l'œil nu des fragments composites et alors la roche reprend la nature d'un gravier grossier. Elle est composée principalement de grains de quartz anguleux et subanguleux, enclavés dans une base plus finement grenue composée de feldspath, quartz, chlorite et mica. Le zircon et la tourmaline se présentent aussi quelquefois. La couleur foncée de cette roche est due à la dispersion de parcelles fines innombrables de matières opaques, abondantes spécialement dans le feldspath et qui sont probablement de l'ilménite.

(5.) Post Huronien.

(A.) GRANITE.

La coutume existe depnis quelques années, de désigner certaines étendues d'irruptives acides se présentant en association intime avec l'éruptive nickelifère sous le nom de " granites plus récents ". Il a déjà été parlé de leur attitude étrange et anormale relativement à la norite sulfurifère, parceque, toutes les fois que la ligne de rencontre de ces deux catégories de roches a été examinée elle présente une série de phénomènes apparemment contradictoires et qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne peuvent être ni interprêtés, ni expliqués d'une façon satisfaisante. La plus forte partie de la preuve que l'on possède jusqu'à présent semble tendre définitivement à considérer ces roches granitiques comme étant d'une origine antérieure à la norite et au gabbro même, dans le voisinage de la mine de Creighton, où la rencontre immédiate est caractérisée par la présence d'une bande étroite de composition intermédiaire entre le granite et la norite. Le Dr. Coleman dit que en somme cependant, l'impression produite est que le gneiss granitoïde est plus ancien que le gabbro ce dernier devenant quelque-plus finement grenu au bord du gneiss. (2)

L'explication raisonnable du phénomène contradictoire constaté semble être intimement liée à la façon et à la rapidité avec lesquelles s'est opéré le refroidissement du batholithe de granite. Cet immense

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont. 1896 pp. 159-166.
(2) Am. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 245.

gîte d'éruptive acide que la dénudation a maintenant mis à jour à la surface ne résulte évidemment pas de la consolidation d'un gîte de pâte, produit par la simple action de l'activité plutonique, mais est plutôt le résultat, par places au moins, de plusieurs fusions et recimentations successives avant que le massif ait atteint sa constitution finale actuelle. La preuve de ces périodes successives d'irruption ressort de l'étude du massif de granite lui-même ; en effet, bien que sur la grande partie de l'étendue, le granite soit notablement uniforme comme texture et comme composition, certains endroits décèlent des changements soudains à cet égard, avec des lignes de démarcation, bien nettes, qui dénotent une différence d'âge évidente. Cependant, tous les essais tentés pour tracer en détail cette ligne de subdivision apparente, sur une étendue de pays quelconque, ont échoué et l'on a dû en venir à la conclusion que le massif tout entier est très intimement synchronique et qu'il ne s'est pas écoulé d'espace de temps appréciable géologiquement entre les différentes époques représentées par les différents états du granite. Les progrès du refroidissement ont de plus dû être excessivement lents, beaucoup plus en fait que pour la norite, si bien qu'il se peut que dans certains cas des portions aient été assez solidifiées pour permettre leur refroidissement contre la norite, tandis que dans des zones peu éloignées quelques-unes des dernières sécrétions acides du granite ont imprégné et altéré la norite ou le gabbro. Il y a deux espèces principales de ces granites dont la différence essentielle, réside dans leur texture ; et bien qu'on connaisse l'existence de variétés entre ces deux types extrêmes, ces différents états sont relativement sans importance et peuvent être laissés de côté dans une description générale. Ces deux types semblent maintenant être, relativement du moins, de la même époque. Un genre de roche qui occupe de beaucoup la plus grande étendue relativement aux autres éruptives acides est un gneiss à granitite très fortement "œillé" ou porphyritique. En certains endroits, il paraît passer à un type plus finement grenu et plus massif avec un feuilletage mal tracé ou même pas du tout feuilleté et ressemblant ainsi à la seconde variété dont le type cependant forme deux batholithes plus petits et distincts qui se trouvent au nord-est du massif principal.

Le type le plus grossier ou œillé présente à tous les égards une ressemblance si marquée avec certaines roches gneissoïdes qui existent dans le Laurentien, que, dans les premières cartes géologiques, il a été indiqué comme faisant partie de cette formation. Il constitue un batholithe bien marqué faisant irruption dans les roches schisteuses vertes plus anciennes et les diorites qui sont fortement bouleversées et altérées

et forme une bande au sud du massif principal de norite sulfurifère. Il s'étend du second lot du township de Denison a un point un peu à l'est de la limite qui sépare le township de Snider de celui de McKim près de la mine de Copper Cliff. Le massif a ainsi treize milles de longueur avec une largeur moyenne allant d'un à deux milles. Il forme une belle roche d'un effet remarquable, éminemment propre à la construction et à l'ornementation. Elle a servi à décorer le bureau principal à Copper Cliff et on l'a employée pour tailler les manteaux de cheminée de la résidence de l'administrateur général aux Mines Victoria.

Au microscope, la plaque mince indique que la roche est formée principalement de microcline, d'orthoclase, albite, oligoclase, biotite et quartz avec de l'épidote, sphène et apatite comme minéraux accessoires et de la calcite, épidote, zoizite, séricite et chlorite comme produits secondaires de décomposition. L'orthoclase et la microcline se trouvent quelquefois à l'état libre, mais la plupart du temps sont entremêlées d'albite formant de la microcline et de la microperthite à orthoclase. Le quartz est du genre granitique ordinaire, montrant quelquefois des ombres roulantes intenses et quelquefois granulé en mosaïque fine entrecroisée. Le feldspath de la roche, bien qu'il soit souvent comme le quartz craquelé, broyé et granulé, est relativement frais. De l'oxyde de fer bien rougeâtre s'est répandu dans les craquelures et donne un aspect voilé ou taché à beaucoup des grains. Beaucoup de l'oligoclase a subi une saussuritisation considérable; les produits qui en résultent sont l'épidote, la zoisite et la séricite. Elle est généralement tachée et prend une couleur brun-rougeâtre foncé. La biotite est généralement blanchie et a souvent subi une chloritisation plus ou moins complète. Le sphène et l'épidote sont souvent enclavés dans la biotite. L'apatite se présente fréquemment sous sa forme de prismes aciculaires ordinaires et quelquefois on constate un peu de calcite dans les plaques minces. L'" œillé " est généralement composé d'un agrégat de microperthite ou microline à grain relativement grossier avec une proportion beaucoup moindre de quartz. Plus rarement c'est un cristal unique de feldspath, souvent un cristal double, cependant il est rare que les limites soient nettes ou bien marquées.

Dans le voisinage de la mine de Creighton le granite du batholithe principal est juxtaposé immédiatement à la norite nickelifère tandis qu'au sud-ouest, aux environs de la mine Gertrude, comme au nord-est de la mine North Star et plus loin, des étendues considérable du granite particulier et de la brèche de diorite interviennent entre les deux roches. Comme on l'a déjà dit la mine Creighton fournit

la preuve la plus éclatante qu'il s'est produit entre le granite et la norite une forte réaction ; la première est souvent imprégnée, sur une longue distance du contact avec les sulfures cuprifères et nickelifères, tandis que, de plus, certaines portions du granite sont extraordinairement basiques, présentant une roche de composition intermédiaire entre le granite et la norite, avec des individus porphyritiques rouge chair foncé, souvent des cristaux doubles d'orthoclase et de microcline ou de microperthite enclavés dans une pâte faite principalement de biotite, amphibole, épidote et sphène, cette dernière contenant des carottes noires opaques probablement d'ilménite.

L'espèce la plus finement grenue du granite caractérise deux étendues. La plus petite est située directement au sud de la mine Lady Violet et s'étend un peu au nord du chemin de fer de Manitoulin et North Shore sur la limite qui sépare le township de McKim, du township de Snider. Elle embrasse une portion considérable du lot 1, con. IV, du township de Snider.

L'autre étendue plus considérable s'étend de la ligne-mère du chemin de fer Canadien du Pacifique, un peu au sud-est de la mine Murray, vers le nord-est jusqu'à un quart de mille de la mine Little Stobie. Elle constitue ainsi une étendue ovale, mesurant environ trois milles de longueur avec une largeur moyenne de trois quarts de mille environ. L'examen au microscope d'une plaque mince montre une agglutination de quartz, orthoclase, plagioclase, biotite, amphibolite, magnésite et zircon. La roche a évidemment subi un écrasement considérable. La texture n'est aucunement uniforme, mais les plus gros fragments sont enclavés dans une mosaïque plus finement grenue qui provient pour la plus grande partie d'une granulation périphérique. La magnétite est fortement titanée, car elle est souvent bordée de leucoxène ou de sphène plus normal. En plus, une étendue très petite et très irrégulière traverse le chemin de fer de Manitoulin et North Shore, immédiatement à l'est du lac à la Pompe *(Pump lake)*, sur le lot 1, con. IV, du township de Snider. La roche ressemble en général à l'espèce " œillée " grossière. Ce petit massif a environ 850 pieds de longueur et 150 à 500 de largeur.

A deux milles environ à l'ouest de la mine Murray, Walker remarque que l'éruptive nickelifère est recoupée par deux irruptions distinctes de granite à biotite finement grenu, rosâtre qui projette des apophyses dans la diorite avoisinante. La plus large de ces irruptions a environ 300 pieds de largeur et la plus petite, moins de 180 pieds. Le microscope montre que le quartz, l'orthoclase, le plagioclase et la biotite sont les constituants principaux. Des étendues considérables

dans le voisinage de la ligne de raccordement entre ces granites et les diorites plus anciennes sont caractérisées par la présence d'une brèche, composée d'une irruption ou pénétration extrêmement compliquée de roches schisteuses verdâtres et de massifs irréguliers de matériaux granitiques. La décomposition principale que l'on remarque dans la diorite, est le développement de biotite aux dépens de l'amphibole primitive et le remplacement du plagioclase par une fine mosaïque de plagioclase secondaire, de quartz et d'épidote, la roche étant ainsi un mica bien prononcé ou un schiste à biotite. Des mouvements subséquents de séparation ont causé une déformation très considérable et quelques unes des portions du massif rocheux qui en résultent représentent des pseudo-conglomérés très parfaits et caractéristiques. Les étendues de ces brèches sont souvent assez grandes pour figurer sur des cartes à l'échelle ordinaire. On les remarq ue spécialement à l'est et au sud-est de la mine Gertrude et entre cette mine et la mine Creigh ton et quelques unes des tranchées du chemin de fer de Manitoulin et North Shore, entre ces deux mines, ont été creusées dans des collines de cette brèche. Elle paraît occuper une étendue lenticulaire, intermédiaire entre la norite et le granite, avec un peu plus de trois quarts de mille de largeur tandis que la longueur du nord-est au sud-ouest est de trois milles environ. Au nord-est, dans le voisinage de la mine North Star et au dela, jusqu'au lac Clarabelle, des étendues considérables surmontent cette brêche et aux environs de la mine Murray elles sont spécialement visibles et bien développées. La maison de l'administrateur-gérant à Copper Cliff est située sur unmonticule rocheux composé de cette brêche et une bande relativement étroite de cette roche s'étend sur une courte distance dans la direction sud-ouest. De plus, le massif principal de ce batholithe de granite contient des enclaves fréquentes, souvent de grande dimension, de ces diorites et schistes anciens, dont la présence et l'abondance fortuites sont bien expliquées par le Dr. Daly qui les attribue au "bouchage" C'est ainsi qu'il qualifie le phénomène de séparation des portions de matières qui surmontent primitivement et encaissent un batholithe et l'enclave de ces fragments dans le massif de la pâte primitive. (1)

(5.) Post-Huronien

(B.) Eruptive nicklifère

Aussitôt après la découverte de ces gisements de nickel et de cuivre on a remarqué que tous les amas riches et importants de minerais se

(1) Amer. Jour. Sc. Vol. XVI, 1903, p. 108.

trouvaient en liaison intime avec certaines roches éruptives basiques de texture moyenne et qui, pour les besoins de la description et en l'absence d'informations plus précises, étaient généralement désignées sous le nom de pierres vertes et de diorites. Les premières descriptions microscopiques qui parurent étaient en général d'accord pour regarder le type prédominent de l'éruptive nickelifère comme composé essentiellement de plagioclase et d'amphibole avec une proportion moindre de biotite et de quartz, tandis que l'ilménite et l'apatite avec des quantités variables de pyrrhotine et de chalcopyrite étaient les constituants accessoires ordinaires. La roche étant en conséquence regardée comme un gabbro ou diabase irruptif, dont par suite de métamorphisme subséquent, les éléments pyroxéniques avaient été changés en amphibole secondaire ou ouralite. Des roches de ce genre ont été étudiées dans bien des régions où l'on pouvait les relier avec certitude à des éruptives basiques de caractère normal et feu le professeur G. H. Williams avait prédit en toute confiance, après avoir, le premier, fait des examens pétrographiques détaillés de ces roches que " l'on pourra un jour recueillir dans quelques uns de ces endroits des spécimens qui établiraient positivement la forme primitive et le cours de la décomposition des spécimens en question." (1)

Dans la même série de spécimens que ceux qui précèdent et qui avaient tous été envoyés par le Dr Bell au professeur Williams pour en établir l'identité et en faire la description, s'en trouvait un, recueilli près de la mine Dominion dans le township de Rlezard, mais qui, dans la précipitation du premier examen, avait été regardé comme se présentant sous la forme d'un dyke. Cette roche dont le caractère exceptionnel avait été remarqué dans le temps par le professeur Williams et qui avait été décrite comme du " euphotide à hypersthène et à quartz avec la biotite accessoire " (2) était en réalité un représentant virtuellement inaltéré d'éruptive nickelifère, bien que son identité à cet égard n'ait été soupçonnée que plusieurs années plus tard.

Toutes ces premières déterminations microscopiques indiquèrent, par conséquent un type normal de diorites ne différant, sur aucun point essentiel, des autre diorites altérées de la même façon et ne présentant aucune raison apparente pour le développement d'amas de matériaux de sulfure aussi considérable et aussi riche. En même temps, le terme de diorite appliqué dans les explorations et par les prospecteurs était justifié ainsi que les noms proposés après un examen microscopique plus

(1) Rap. Ann. Comm Géol. Can. Vol. V 1890-91, Partie F.
(2) Rap. Ann. Comm. Géol. Can. Vol. V, 1890-91. Partie F.

détaillé comme diorite ouralitique, ou diorite à gabbro, diabase ouralitique, etc.

Il y a donc lieu de regretter que, bien que ces premiers échantillons ou échantillons-types aient tous été choisis avec le plus grand soin, on se soit astreint surtout à chercher des matériaux en association intime avec les amas de minerai. Les roches ainsi recueillies étaient dans un état de décomposition si avancé qu'il n'était possible d'obtenir aucune information précise et déterminée au sujet de leur composition primitive ou de leurs affinités réelles. L'idée a prévalu en conséquence que toute l'éruptive dans le voisinage de ces gisements de nickel est complètement altérée tandis qu'il semble que ce soit tout le contraire ; et la plupart des matériaux frais et indemnes que l'auteur a recueillis ont été pris dans le voisinage immédiat des différentes mines. A cet égard on peut remarqner que quelques-uns de ces spécimens de manipulation contenant jusqu'à 5 et 10 p.c. de sulfures ont subi si peu de méta morphisme qu'ils permettent de constater l'identité de tous les minéraux prédominants, y compris l'hypersthène, enstatite, diallage, olivine et labradorite.

En 1892, feu le Baron von Foullon a publié, le premier, la détermination de l'éruptive nickelifère que l'on trouve dans le voisinage de la mine Murray et a montré que c'était un gabbro intimement allié aux norites ; ses descriptions ont été préparées d'après une étude des matériaux réunis dans cette localité dans l'été de 1890. En 1893, le Dr A. P. Coleman a constaté que l éruptive de la Zone Septentrionale du nickel était un gabbro contenant à la fois du diallage et de l'hyperstène.

Cependant la vraie portée de ces découvertes et de ces descriptions isolées ne fut pas complètement appréciée avant la mise au jour des résultats obtenus par le Dr Walker ; la publication de ces documents signale un progrès marqué dans nos notions sur l'origine et les relations de ces gisements de sulfures et des roches qui leur sont associées.

L'éruptive nickelifère qui caractérise les trois bandes ou zones principales, peut, afin de faciliter la description, être séparée en deux divisions :

I. Une portion basique :— Comprenant certaines roches gabbroïdes, principalement au moins au facies de norites, avec les diorites qui en dérivent, auxquelles sont immédiatement associés les sulfures nickelifères et cupriféres.

II. Une portion acide :— Comprenant de grandes étendues de roche de l'espèce granitique avec une texture gneissoïde bien dessinée ; la prédominance et l'abondance de l'intercalation graphique du quartz et du feldspath, connue sous le nom de granophyre ou micropegmatite, a

donné l'idée du nom de "micropegmatite", sous lequel cette roche est maintenant généralement connue.

L'état le moins altéré de la portion basique de l'éruptive est représenté par ce que l'on peut appeler la "norite." La roche est quelquefois appelée scientifiquement "euphotide à quartz et à hypersthène", mais dans l'usage général, on préfère le premier nom.

L'examen microscopique indique que la roche est une éruptive d'un intérêt et d'une nature exceptionnels. Elle appartient à la famille générale des gabbros, mais avec des traces distinctes et quelquefois bien marquée de texture diabasique ou ophitique. La prédominance ou la présence abondante d'hypersthène ou enstatite indique son affinité intime avec les norites, tandis qu'elle contient, ce qui est exceptionnel pour une roche de cette espèce, une abondance de quartz primitif. En fait, on a pu se procurer beaucoup d'échantillons qui contiennent presque autant de quartz qu'un granite amphibolique ordinaire. Dans quelques cas, particulièrement aux mines de Copper Cliff on voit une grande quantité de micropegmatite ou de granophyre, l'élément feldspathique constituant de cette intercalation graphique étant généralement du plagioclase. Les affleurements font voir une roche gris-verdâtre ou brunâtre, grisâtre-foncé, variant du grain moyen au gros grain, qui est souvent de couleur presque noire quand la cassure est récente. Les écailles de biotite vert-foncé sont généralement bien visibles et il en est de même du quartz en grains très caractéristiques bleu-saphir ou pourpre, couleur que l'on voit souvent dans les phénocrystes de porphyres quartzeux.

Ces roches ne présentent pas une résistance bien efficace à la décomposition et à l'érosion ; et en conséquence l'étendue caractérisée par leur présence a généralement peu de relief.

L'action atmosphérique spheroïdale est caractéristique mais pas aussi prononcée que pour les dykes de diabase à olivine plus récents.

Le pyroxène orthorhombique, hypersthène ou enstatite, décèle une perfection de contour cristallographique aussi complète que possible et dans bien des cas a été le premier minéral essentiel qui se soit formé. Dans certaines circonstances l'hypersthène se présente sans pyroxène microclinique comme dans quelques-uns des spécimens recueillis aux environs de la mine Blezard. Il est souvent de beaucoup le plus abondant des éléments constituants colorants, comme dans la mine de Murray, où le diallage n'est réprésenté qu'occasionnellement, tandis que le massif rocheux presque tout entier est composé d'hypersthène à diverses phases de décomposition, les interstices petits et rares étant occupés par du plagioclase. L'hypersthène, en règle général est assez faible-

ment polychroïque, bien que certains spécimens du voisinage de la mine Blezard et de la tranchée du chemin de fer, un mille et demi au nord-ouest de la mine Murray, soient fortement polychroïques, du rose rouge au vert jaunâtre pâle. L'enstatite est aussi incolore en plaques minces et se distingue de l'hypersthène en ce qu'elle dénote peu ou point de polychroïsme. L'hypersthène et l'enstatite sont très sujettes à décomposition, si bien que dans la plupart des cas, des étendues de ces minerais sont remplacés par un agrégat de serpentine fibreuse ou écailleuse (bastite) vert clair, non polychroïque, polarisant brillamment. Cette décomposition est accompagnée souvent de la séparation de grains tenus de magnétite. Dans la plupart des cas, les individus d'hypersthène même frais sont bordés d'une amphibole verte, compacte, polychroïque qui est indubitablement un constituant primitif. Cette amphibole primaire forme également des bordures sur les étendues dénotant la décomposition complète en bastite. En plus, il y a une amphibole indubitablement secondaire résultant de la décomposition d'abord de la bastite en actinolite et de celle-ci, à son tour, en amphibole verte de l'espèce ordinaire.

Le pyroxène monoklinoëdrique, qui existe généralement en quantité secondaire est aussî fréquemment bordé d'amphibole primaire et ainsi les individus de ces deux pyroxènes ne peuvent pas être distingués les uns des autres dans les spécimens qui ont subi une décomposition quelque peu avancée. Quelquefois les deux pyroxènes décèlent la présence des interpositions tabulaires menues caractéristiques ou produits de schillerisation ; mais en règle générale ceux-ci ne figurent pas,

Le diallage se distingue du pyroxène orthorhombique principalement par l'absence de polychroïsme, par son extinction inclinée et par le maclage polysynthètique fréquent, tandis qu'il possède généralement un indice plus bas de réfraction avec une bi-réfraction plus forte. L'olivine existe en petite quantité dans la norite recueillie à la mine Little Stobie, mais la plus grande partie est décomposée en un agrégat de serpentine écailleuse de couleur foncée, de talc et de magnétite. La biotite est un élément constituant presque invariable, généralement assez abondant, se présentant en grandes plaques et indubitablement d'origine primaire. Le plagioclase est généralement d'un maclage large, épais, à cristaux élongés ou tabulaires dont les dispositions généralement entrelacées produisent la texture caractéristique rugueuse, ophitique. L'analyse au moyen de la solution forte de Thoulet et l'étude des angles d'extinction démontrent que ce plagioclase est de la labrodorite. La présence d'innombrables inclusions brunes poussiéreuses, probablement d'ilménite donne au feldspath sa couleur foncée prédominante.

Du quartz et quelquefois du granophyre remplissent la plupart des interstices irréguliers entre les autres éléments constituants, bien que dans la norite de la mine de Creighton, la microcline accompagne presque invariablement le quartz intermédiaire. On rencontre presque toujours l'apatite, la magnétite, généralement fortement titanée, le zircon et des graines de pyrite, pyrrhotine et chalcopyrite. Ces sulfures sont distinctement d'origine primaire et ont été les premiers des minéraux à se cristalliser à même la pâte primitive, devançant jusqu'à la magnétite dans quelques cas, car on a trouvé des grains de pyrrhotine complètement enclavés dans le minerai de fer. Les sulfures se trouvent généralement associés intimement aux éléments constituants colorés dans lesquels ils sont fréquemment encaissés à peu près de la même façon que la magnétite dont on ne peut les distinguer que par la différence de couleur à la lumière polarisée. La pyrrhotine et la chalcopyrite sont souvent associées si intimement, qu'il est extrêmement difficile de les séparer ; même les grains les plus petits dénotent un entrelacement intime de ces minéraux les uns avec les autres. Ces sulfures se présentent fréquemment dans des portions de la norite qui ont si peu subi de dynamométamorphisme qu'on y remarque seulement quelquefois la dislocation d'un cristal de plagioclase, tandis que certains des mêmes affleurements ont été si peu atteints par l'action hydrochimique que des minéraux aussi facilement altérables que l'hypersthène l'enstatite, l'olivine et le diallage se reconnaissent parfaitement dans les spécimens. Les éléments de sulfures sont dans ces cas, souvent loin de se rencontrer en quantité secondaire, mais ils sont disséminés si abondamment qu'ils caractérisent la roche et justifient le nom de " norite à pyrrhotine " qu'on lui applique quelquefois.

Quoique l'on ait pu se procurer un nombre considérable d'échantillons représentant la norite relativement sans altération, la plus grande proportion des matériaux recueillis consiste en une diorite à gabbro massive généralement grossière et à divers dégrés de décomposition. On ne voit que des traces de dynamomorphisme, et encore sur un très petit nombre d'échantillons ; en général, la texture ophitique, produite principalement par la disposition enchevêtrée des cristaux de plagioclase n'est presque pas dérangée. La décomposition est principalement due à des agents hydrochimiques et atteint les minéraux pyroxéniques qu'elle décompose en une serpentine pâle, vert-jaunâtre quelquefois de l'espèce ordinaire, mais généralement du genre bastite. L'actinolite résulte aussi de la décomposition des pyroxènes. Les bordures compactes d'amphibole primaire qui entourent souvent les pyroxènes primitifs sont évidemment composées de matériaux beaucoup

plus stables n'ayant été atteints par aucun de ces changements. Les espaces autrefois occupés par le pyroxène sont par suite remplacés par de la bastite ou de l'actinolite, les bordures d'amphibole restant indemnes et les individus ainsi décomposés sont quelquefois appelés ouralite. On ne peut établir aucune distinction entre les grains qui représentent de l'hypersthène ou du diallage, car ces deux minéraux paraissent se décomposer en matières intimement rapprochées sinon identiques. La labradorite qü'on rencontre est généralement très fraîche sous la forme tabulaire ou sous celle de lames de couteau larges avec la couleur brunâtre aux teintes changeantes qui prédomine dans les norites. Quelquefois elle dénote un commencement de décomposition en produits saussuritiques ordinaires, principalement en séricite, mais aussi en épidote et en zoïsite. La biotite est toujours là et se fait remarquer par de larges plaqnes avec un fort polychroïsme. Elle est quelquefois entrelacée d'amphibole qui a subi aussi un fort "blanchiment." Elle contient généralement des grains relativement gros et irréguliers de magnétite. Le quartz se montre toujours et quelquefois il est abondant, remplissant les interstices entre les autres éléments constituants. On y trouve aussi toujours de la magnétite fortement titanée et de l'apatite, mais en petite quantité et la pyrrhotine et la chalcopyrite sont en quantité variable, allant de quelques grains dispersés à des quantités qui permettent d'employer le massif comme minerai de nickel et de cuivre.

En plus de la norite et de la diorite, on trouve une roche plus acide, de composition granitique et d'une structure gneissoïde prédominante qui ne peut pas être séparée au point de vue de la genèse de la portion plus basique à laquelle les sulfures sont plus directement associés. Cette roche a été généralement désignée comme de la "micropegmatite" nom suggéré d'abord par feu le Prof. G. H. Williams. ([1] Il n'y a pas de ligne de démarcation bien nette entre les portions acide et basique de l'éruptive nickelifère, mais le changement, quoique graduel est généralement assez marqué pour permettre de tracer avec une exactitude acceptable une séparation entre les deux espèces. Les affleurements de cette roche sont régulièrement rubannés et feuilletés, avec une allure et un plongement distincts ; elle est généralement porphyritique, sous l'action atmosphérique elle prend une teinte rougeâtre ou grisâtre pâle et est souvent entrecoupée de massifs de quartz irréguliers, souvent enchevêtrés et filoneux qui sont d'origine évidemment pegmatitique. Sur les surfaces fraichement à découvert, la roche est généralement de couleur foncée, avec de petits phénocrystes de feldspath rougeâtres ou jaunâtres repartis en abondance. L'orthoclase se montre souvent en

(1) Rap. Ann. Comm. Géol. Vol V 1899-91. Partie F.

quantités considérables et vers le bord extérieur du massif, il est l'élément feldspathique prépondérant, mais le plagioclase (oligoclase ou andésine à oligoclase) est généralement plus ou moins abondant. On trouve aussi souvent de la microperthite et de la microcline mais en quantité secondaire. Beaucoup du feldspath est un peu trouble par suite de décomposition. La biotite est le minerai ferromagnésien préponderant et une grande quantité est "blanchie" et altérée en chlorite. On la trouve généralement en petite plaques ou écailles irrégulières et déchiquetées disposées en bandes étroites et à peu près parallèles, se recourbant doucement autour et parmi les gros phénocrystes de feldspath. L'abondance de la biotite et sa décomposition fréquente en chlorite donnent à la roche sur les surfaces fraîchement mises à découvert la couleur foncée prédominante. Le type de transition entre la micropegmatite et la norite montre une proportion variable d'amphibole, minéral qui, en règle générale, diminue de quantité en sortant de la norite, bien que certaines bandes relativement plus basiques laissent voir une quantité appréciable de ce minéral même à une distance considérable de la ligne de raccordement. Un des points les plus remarquables dans l'étude de cette roche gneissoïde est la prépondérance et l'abondance de développement de la micropegmatite ou granophyre et aussi le fait que le plagioclase et le quartz sont les minéraux qui composent le plus fréquemment cet entrelacement graphique. La micropegmatite avec la matière bisilicatée, principalement de la biotite et de la chlorite et quelquefois l'amphibole et l'épidote accessoires, l'ilménite et le sphène, forment une pâte, dans laquelle sont enclavés des phénocrystes relativement gros de feldspath, principalement du plagioclase et de la microperthite. Le granophyre ou micropegmatite s'étend souvent dans différentes directions au dehors d'une portion ou gîte central composé de cristaux de plagioclase bien maclés et assez nettement délimités. L'effet de la pression est très notoire dans toutes les plaques minces non seulement dans les ombres roulantes mais aussi dans la dislocation des individus de feldspath et dans le développement abondant du quartz et du feldspath fins intermédiaires.

Sur la première carte géologique la micropegmatite était comprise et teintée comme partie du Laurentien, sa couleur rougeâtre, sa texture gneissique et son attitude générale étaient les principaux traits qui avaient déterminé cette classification.

La variation de composition chimique qui marque la transition de la norite à la micropegmatite est bien indiquée par une série d'analyses faites par le Dr. T. L. Walker (1) sur des échantillons pris le long du

(1) Quart. Jour. Geol. Soc. Lon. Vol LIII, February, 1897, p. 56.

croisement de voie de la mine de Blezard. Les échantillons sont disposés du sud au nord,de I a V. L'analyse N° IV a été faite par M. C. B. Fox, M.A.

——	I.	II.	III.	IV.	V.
SiO_2	49·90	51·52	64·85	69·27	67·76
TiO_2	1·47	1·39	.....	0·78	0·46
P_2O_5	0·17	0·10	0·24	0·06	0·19
Al_2O_3	16·32	19·77	11·44	12·56	14·00
Fe_2O_3	.....	0·47	2·94	2·89	.....
Fe 0	13·54	6·77	6.02	4·51	5·18
Ca 0	6·58	8·16	3·49	1·44	4·28
Mg 0	6·22	6·49	1·60	0 91	1·00
Mn 0	trace	trace	trace	trace	trace
K_2O	2·25	0·70	3·02	3·05	1·19
Na_2O	1·82	2·66	3·92	3·12	5·22
H_2O	0·76	1·68	0·78	0·76	1·01
Total	99·03	99·71	98·30	99·35	100·29
Densités	3·026	2·832	2·788	2·724	2·709

D'après ce que nous savons actuellement, il y a trois bandes principales de norite où se trouvent des gisements exploitables de divers sulfures contenant du nickel et du cuivre. On avait cru jusqu'à ces derniers temps que ces trois bandes étaient absolument distinctes et séparées mais les examens géologiques plus récents et plus détaillés tendent à prouver qne ce sont toutes des portions d'une unité géologique et qu'elles se relient toutes à un massif continu. On les a toujours regardées comme étant essentiellement de même origine, de même composition minéralogique et approximativement du moins, de la même époque géologique. Deux de ces bandes ne sont pas contenues dans les cartes qui accompagnent ce rapport et jusqu'à présent aucun des gisements qui y sont associés n'a été exploité comme mine en vue de la fusion ou de l'expédition.

La plus septentrionale de ces bandes appelée " Zone Septentrionale du nickel " part de l'ancienne mine Ross (W. R. 5) près de la ligne qui sépare les lots 5 et 6, sur la ligne entre les concessions III et IV du township de Foy et s'étend dans une direction est-sud-est à travers le township de Bowell, où sur le lot 2, con. II, elle bifurque. Un des bras va au sud est et pénètre dans les townships de Lumsden et de Morgan où ses limites n'ont pas été déterminées d'une manière décisive. Cependant la bande principale va à l'est, coupe au travers du township du Wissner et traverse la rivière Vermillon, directement au nord du lac Bronson. Poussant toujours plus au nord elle se relie à la grande étendue de roches basiques que l'on trouve à l'ouest du lac Wanapitei. Ce massif suit dans sa plus grande partie une direc-

tion méridionale et autant qu'on a pu le constater jusqu'à présent, s'enfouit sous les plaines de sable et de gravier de la partie orientale de Garson et la partie occidentale de Falconbridge. On se demande encore maintenant si ce massif est la continuation de la bande méridionale ou bande principale de la norite qui, à l'est du lot 3 de la con. III de Garson est aussi recouverte par un épais manteau de transport. Il est probable toutefois que cette bande principale se continue sous le drift, au moins jusqu'aux affleurements de norite des cons. IV et V de Falconbridge. Il serait peut être possible, à l'aide d'instruments magnétiques délicats de retracer ce raccordemeut, mais ce travail serait difficile et ardu à cause de la grande accumulation de matériaux de transport qui atteignent quelquefois plus de 100 pieds de profondeur.

Une seconde bande importante de norite occupe une position à peu près intermédiaire entre les deux autres et peut ainsi être désignée comme "Zone Médiane du nickel" quoique le Dr Walker la désigne sous le nom de "éruptive du lac des Vents". D'après les renseignements actuels, cette bande part des environs du lot 12, con. III du township de Trill, s'étend au nord et au nord-est à travers ce township jusqu'à Cascaden et traversant en dessous du lac des Vents continue sans interruption, en coupant l'angle nord-ouest de Dowling jusqu'au lot 2, con. IV du township Lavack. On possède peu de renseignements quant à la géologie du pays situé entre cet endroit et la mine Ross et il est possible que cet intervalle soit comblé par le prolongement de cette norite encore plus au nord-est. On sait que l'étendue à l'est et au sud-est est occupée par le produit acide qui se sépare de la norite (micropegmatite) si bien qu'un raccordement entre la zone de nickel de Levack et la Zone Septentrionale du nickel est dans les limites du possible. Au sud-ouest la bande de Levack arrive à deux milles des anciennes mines de nickel Sultana et Trillabelle, si bien que, dans cette direction également, un raccordement peut se faire avec la bande méridionale ou bande principale de la norite. Les fameux gisements de nickel de Levack se développent le long du contact septentrional de cette bande avec le gneiss à granitite inclu sous la désignation de Laurentien.

La bande de norite de beaucoup la plus considérable et la plus importante est celle que l'on appelle "Zone Méridionale ou Zone Principale du nickel" dont une portion a été décrite par le Dr Walker sous l'appellation de "éruptive du lac Whitson." Sa limite sud-est consiste selon toute probabilité en une bande relativement étroite de matériaux éruptifs basiques traversant la portion méridionale de Trill et s'étendant de là dans la partie nord-est du township de Drury.

L'auteur a déjà discuté son raccordement possible dans cette direction avec la Zone Médiane du nickel ou bande de Levack. En partant de Drury la bande de norite se prolonge vers l'est et traverse la moitié méridionale du lot 12, con. V, de Denison. A partir de cet endroit, elle a été suivie sans interruption, dans la direction nord-est, sur une distance d'environ trente-cinq milles jusqu'au lot 8, con. III, de Garson où l'affleurement passe sous une accumulation considérable de matériaux de transport. Aux mines Victoria, la portion basique de l'irruptive à un peu moins d'un mille de largeur, mais au croisement de la rivière Vermillon, la largeur s'augmente jusqu'à un mille et trois quarts, tandis que, dans le voisinage de la mine de Creighton la norite a un peu plus de deux milles de largeur. Dans les townships de Snider, de McKim et de Blezard, la largeur de la bande de norite est assez uniforme, elle mesure en moyenne un mille et demi et s'amincit graduellement jusqu'à ce qu'elle atteigne le township de Garson où le portion basique de l'éruptive nickelifére, est large d'un demi-mille à peine.

Sur le lot 2, con. IV, du township de Snider, cette bande principale de norite projette une extension ou rejeton étroit, en forme de dyke, dans la direction sud-est, sur laquelle sont situées la plupart des mines de la Canadian Copper Company à Copper Cliff. Cette bande traverse l'extrémité nord est du lac Clarabelle, puis le lac Lady MacDonald et se prolonge sans solution de continuité jusqu'à la mine N° 2 après quoi, plus au sud, elle est recouverte de drift. La mine N° 2, avec ses prolongements vers le nord, les mines N°s 4, et 6, sont toutes intimement associées à cette formation étroite en forme de dyke, tandis que la mine Lady Violet est située à la rencontre orientale de la norite et du granite à peu de distance au nord-est de l'endroit où elle rejoint le massif principal.

Il est inutile de fournir les mêmes détails pour la répartition de la micropegmatite ou portion acide de l'éruptive nickelifère, mais l'étendue supportée par cette roche dépasse de beaucoup la portion basique ainsi que l'indique la carte.

La fameuse mine de Copper Cliff, l'ancienne, est une vraie cheminée de minerai qui se présente dans un amas isolé de norite, venant en contact avec des quartzites feldspathiques et des roches schisteuses vertes. Les excavations, aux environs des Usines de fusion d'Ontario (*Ontario Smelting Works*) appartiennent à trois massifs de norite distincts qui sont entourés de tuf fascié et de quartzite. Il est difficile de trouver dans la petite étendue de norite où est située la mine d'Evans, des échantillons assez exempts de matières sulfureuses pour pouvoir en faire un examen utile.

La mine Little Stobie, la Dominion, la mine Davis, les mines Kirkwood et Cryderman, sont situées aux confins de la bande principale de norite et des roches schisteuses vertes. Les mines Stobie et Frood se trouvent en relation avec des amas ou étendues relativement petites de norite séparées les unes des autres. La mine Elsie se trouve à la rencontre de le norite d'une part et des roches schisteuses vertes et de la porphyrite amphibolique de l'autre. La mine de Murray est à la rencontre du granite et des brêches dioritiques et roches schisteuses vertes d'un côté et de la bande principale de norite de l'autre ; tandis que l'on trouve la vieille mine Cameron, plus au nord-est à la rencontre du granite et de la norite. Les mines North Star et Creighton sont à la rencontre du granite et de la norite.

Les différentes excavations connues sous le nom de mine Gertrude sont situées le long de la rencontre entre la bande principale de norite et une brêche composée de granite irruptif dans les diorites anciennes et les schistes. Le puits principal des mines Victoria est à l'extrémité d'un petit rejeton relié au massif principal, à la rencontre de la norite et des roches schisteuses vertes anciennes. Tous ces immenses gites de matériaux de sulfure, sans exception, sont situés au contact immédiat entre la norite irruptive et les roches anciennes d'une façon qui indique de la manière la plus claire possible leur communauté d'origine.

(c.) DYKES PLUS RÉCENTS DE DIABASE À OLIVINE.

La roche désignée généralement comme diabase à olivine , et qui caractérise ce que l'on a appelé les dykes plus récents est très uniforme comme composition et texture minéralogique. Les spécimens de manipulation dénotent une roche qui est gris foncé, gris verdâtre allant presque jusqu'au noir, se rouillant et prenant sous l'action atmosphérique une forme sphéroïdale très caractéristique. Dans beaucoup de cas, les affleurements montrent une texture basaltique rugueuse et sont souvent porphyritiques, avec des phénocrystes de labradorite jaunâtre ou verdâtre, ayant souvent un pouce de diamètre ou même plus. La décomposition de ces phénocrystes produit un minéral appelé " huronite " par Thompson. Ces dykes possèdent des lisières bien marquée d'une matière finement grenue, quelquefois vitreuse (tachylite) et présentent toutes les gradations entre le basalte et la diabase à olivine très fraîche composée principalement de plagioclase, d'augite et d'olivine. Le plagioclase est l'élément constituant principal et est généralement assez frais et vitreux, bien qu'on le trouve quelquefois un peu trouble, par suite d'un commencement de décomposition.

Comme il a été le premier élément constituant à se cristalliser, il est en cristaux idiomorphiques, bien maclés, tabulaires ou allongés, qui ont une disposition ophitique bien marquée. Les angles d'extinction indiquent clairement de la labradorite. Le maclage suit la loi de l'albite mais il arrive très souvent qu'on y trouve une combinaison des lois de l'albite et du péricline. Quelquefois des individus montrent un maclage d'après la loi de rarerbaveno. L'augite laisse voir des contours très irréguliers et déchiquetés avec des lisières caractéristiques imparfaites ou interrompues. Elle va du brun rougeâtre au violet et est très distinctement polychroïque. L'olivine se trouve en grains jaune pâle plus ou moins arrondis et quelquefois remplit les interstices des cristaux de feldspath. Elle est remarquablement fraîche mais elle décèle quelquefois une décomposition en serpentine compacte vert foncé (antigorite).

L'apatite est très abondante, sous la forme prismatique aciculaire ordinaire et l'élément constituant opaque est probablement de l'ilménite. Quelques-unes des plaques minces sont très instructives, spécialement à l'égard de l'ordre de cristallisation des divers constituants minéraux. L'apatite a été certainement la première à se cristalliser car on la trouve en prismes élongés bien nets qui sont enclavés dans les autres constituants ou qui les traversent. La labradorite, dans la plupart des cas du moins, s'est cristallisée avant l'augite, mais sa relation avec l'olivine n'est pas aussi distincte. Dans quelques cas, l'olivine dénote ces contours arrondis qu'elle prend généralement quand sa cristallisation n'est pas dérangée, mais on peut souvent la trouver qui occupe les interstices triangulaires entre les lamelles de feldspath ou moulée sur ces lamelles. Il semble donc que la période de cristallisation de l'olivine a certainement enjambé sur celle de la labradorite bien que en général l'olivine soit distinctement antérieure. La plus grande partie de l'ilménite est également antérieure au plagioclase, mais quelquefois, des individus contiennent des cristaux d'olivine et de plagioclose indiquant qu'un peu de l'ilménite s'est formée après l'olivine et le plagioclase.

Une analyse quantitative d'un échantillon du gros dyke près de la mine Murray a donné au Dr Walker (1) le résultat suivant :

---

(1) Quart. Jour. Geol. Soc. Lon. February, 1897, p. 63.

SiO_2	47·22
Al_2O_3	16·52
Fe_2O_3	3·32
FeO	12·40
MnO	0·04
CaO	9·61
MgO	3·33
K_2O	0·67
Na_2O	3·40
TiO_2	3·62
P^2O^5	0·33
BaO	0·01
CuO	trace.
NiO	0·0275
CoO	0·0055
Perte au chauffage	0·30
Total	100.803
Densité	3·01

Ces dykes de diabase à olivine sont certainement postérieurs en âge au reste des roches associées. Ils recoupent les diorites et la micropegmatite associée, ainsi que les gîtes de minerai eux mêmes. De même ils recoupent les tufs, les brêches et les quartzites, bien que l'on ait remarqué un dyke qui n'atteint pas le sommet des quartzites, mais s'est refroidi contre les couches supérieures.

En règle générale, la plupart de ces dykes sont remarquablement frais et exempts d'altération et tous ceux qui sont portés sur la carte comme se trouvant aux environs de la mine de Murray repondent à cette description. D'un autre coté, à l'unique exception d'un grand dyke qui va dans une direction nord-ouest près des Ontario Smelting Works, tous les autres sont très altérés et décomposés et les plaques minces qu'on prépare avec ces éléments ne peuvent pas être distinguées du faciès décomposé, plus finement grenu et plus basique de la norite. La démarcation entre les bisilicates et le plagioclase n'est pas très définie, cette dernière contenant des lambeaux et des grains épars d'amphibole et de biotite. Le plagioclase décèle la même disposition nuageuse d'inclusions sub-microscopiques, probablement d'ilménite. L'amphibole est en individus petits, fortement polychroïques et est très abondante. La biotite abonde également et l'ilménite est largement représentée par du sphène. La texture ophitique persiste mais n'est pas aussi prononcée. La plus grande partie du plagioclase est bien

frais mais on en trouve qui est décomposé en agrégat saussuritique. Le quartz est assez abondant et remplit les petits interstices irréguliers entre les autres éléments constituants. De petits grains de sulfure sont aussi disséminés dans la roche. L'existence d'une telle roche, sous forme de dyke, avec la même composition minéralogique que la norite indique que ces dykes, sont au moins postérieurs et sont des portions séparées de la norite représentant les efforts expirants d'un volcanisme très prononcé et très prolongé. La présence occasionnelle de l'olivine dans la norite de la mine Little Stobie et la découverte de quartz dans quelques uns de ces dykes postérieurs, a fourni le chaînon qui manquait et qui était nécessaire pour bien comprendre les relations existant entre ces deux roches. Comme l'indique Walker dans l'analyse d'un type frais citée plus haut, cette diabase à olivine contient de petites quantités de cuivre, de nickel et de cobalt que le même auteur considère comme les éléments constituants primitifs de la pâte de diabase à olivine. Les relations entre ces dykes et les divers gisements de minerais dans lesquels ils pénètrent, montrent d'une façon nette que ces derniers avaient atteint leurs dimensions actuelles quelque temps avant l'irruption des dykes. Ils ont pour la plupart une allure assez constante, mais présentent souvent de larges courbes et quelquefois des failles. Deux des plus grands dykes que l'on rencontre, varient en largeur de 150 à 200 pieds et ont été suivis, virtuellement sans solution de continuité, depuis l'angle nord ouest du township de McKim jusqu'au sud-est du lac Ramsay. Il n'y a aucune concentration locale de ces gîtes de minerai dans le voisinage des dykes comme on l'avait fréquemment présumé. L'influence exercée par leur passage dans ces gîtes est extrêmement locale et très insignifiante. Dans le voisinage des mines de Copper Cliff et de Murray et dans l'étendue intermédiaire, on rencontre beaucoup de ces dykes et on a même pu, dans cette étendue limitée, tracer exactement et reporter sur la carte leurs dimensions et leur direction, et bien que l'allure prédominante soit peut-être nord-ouest et sud-est, beaucoup remplissent des fissures dont les directions sont excessivement divergentes.

Minéraux associés au nickel et au cuivre dans la région minière de Sudbury.

PYRRHOTINE ET CHALCOPYRITE.

Les gîtes de minerai auxquels le nickel et le cuivre sont directement associés, consistent essentiellement en pyrrhotine ($Fe_8 S_9$) qui est de beaucoup le constituant prédominant et en chalcopyrite ($Cu Fe S_2$)

généralement en quantité beaucoup moindre avec une proportion variable de pâte formée surtout de l'éruptive associée et de ses silicates constituants. Le nickel qui existe dans les gîtes de minerai n'est pas comme beaucoup le supposent, un constituant essentiel de la pyrrhotine remplaçant isomorphiquement une quantité équivalente de fer, mais il existe, principalement du moins, comme un sulfure de nickel et de fer distinct, séparable magnétiquement et connu sous le nom de pentlandite. Ce minéral en règle générale est très intimement associé à la pyrrhotine, mais quelquefois, des spécimens de manipulation des niveaux inférieurs de la vieille mine de Copper Cliff montrent une association assez intime de pentlandite presque pure et de chalcopyrite. La pyrrhotine et la chalcopyrite seront décrites d'une façon plus complète dans la portion de ce travail qui a trait à la composition des gîtes de minerai.

PENTLANDITE.

Ce minéral est généralement associé très intimement à la pyrrhotine et est disséminé si finement dans le massif de ce minéral que la séparation ne peut s'effectuer qu'au moyen d'un broyage très fin. Bien que la pentlandite, en elle-même, soit faiblement magnétique et, sous forme de poudre fine subisse l'attraction d'un aimant ordinaire tenu à la main, on peut profiter de la différence de magnétisme entre ces deux minéraux pour effectuer la séparation. Il faut de nombreux essais pour éliminer les dernières traces de pyrrhotine, mais cet opération a été accomplie avec succès par MM. Penfield, Brown et Dickson et leurs analyses qui seront citées donnent tous les détails nécessaires sur la composition chimique de ce minéral, indiquant qu'il est très uniforme dans toute la région. Elle est essentiellement la même que la pentlandite primitive (eisennickelkies) analysée par Scheerer mais contient moins de fer et de soufre. Quelquefois, comme à la mine Worthington, on la trouve en assez gros morceaux, que l'on distingue facilement de la pyrrhotine encaissante, mais ceux-ci même contiennent une quantité considérable de pyrrhotine disséminée, si bien que les matériaux ainsi obtenus titrent rarement plus de 30 p. c. de nickel. Le minéral est très abondant à la mine de Creighton et on peut facilement le reconnaître en raison de ses nervures octoëdriques parfaitement développées. Il est un peu plus clair que la pyrrhotine, allant du gris acier au blanc d'argent et se casse invariablement en surfaces plates qui sont des plans de nervure parallèles à l'octoëdre. Cependant le minéral en morceaux fraichement brisés ne peut pas être distingué de la pyrrhotine quand elle est aussi fraîche, spécialement si les plans

des nervures sont imparfaitement développés. L'exposition à l'air produit rapidement un changement de couleur en jaune bronze clair particulier, qui est très caractéristique et le distingue bien de la pyrrhotine.

Les matériaux obtenus par Penfield (1) ont été broyés et tamisés à un grain d'un ½ m.m. de diamètre et la pyrrhotine en a été extraite avec un aimant ordinaire. La pentlandite, pour l'analyse a été simplement triée à la main.

M. C. W. Dickson (2) a fait subir à ses matériaux une préparation préliminaire aussi soigneuse. Voici les analyses :—N° 1 (Penfield) ; 2-4, (Dickson) ; 5-9 (Browne). (3) Les analyses 5-7 sont mentionnées comme contenant un peu de pyrrhotine en poussière fine. Les analyses 10 et 11 sont faites par Scheerer (4) avec de la pentlandite de Lillehammer. L'analyse N° 2 est de la mine de Creighton ; N° 3, mine Worthington ; N° 4, mine Frood ; N° 5, mine Copper Cliff; N° 6, mine Stobie ; N° 7, mine Evans ; N° 8, mine Copper Cliff (trié à la main) ; N° 6, mine Evans (trié à la main).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ni	34·23	34·82	33·70	34·98	35·05	34·70	34·12	35·00	34·90	18·35	21·07
Co	0·85	0·84	0·78	0·85	...	...	...	...	...	...	...
Fe	30·25	30·00	29·17	30·04	29·80	29·90	29·95	30·30	29·60	42·70	40·21
S	33·42	32·90	32·30	33·30	34·35	33.90	35·43	33.50	33.55	36·45	36·64
Cu	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1·16	1·78
Pâte	0·67	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	99·42	98·56	95·95	99·17	99·20	98·50	99·50	98·80	98·05	98·66	99·70

Les proportions dans l'analyse du prof. Penfield sont S· (Fe + Ni)= 1·044 : 1·047, presque 1 : 1, ou celles d'un sulfure normal (Ni + Fe) S. La proportion du Fe : Ni est 1 : 1·32, tandis que dans l'analyse de Lillehammer, elle est environ 2 : 1. Dickson remarque que la proportion du (Ni + Fe) : S varie de 10·91 à 11-07 : 10, et fait remarquer que cette proportion 11 : 10 n'est pas accidentelle, mais constante dans tous les analyses de matériaux purs. Il conseille donc d'écrire ainsi la formule de ce minéral $(Fe + Ni)_{11} S_{10}$ ce qui semble un raffinement encombrant et inutile dans l'expression de ce minéral qui, même avec toutes les précautions possibles, n'est toujours pas absolument pur. La formule de la pentlandite de Lillehammer est donnée comme étant 2 Fe S + Ni S. La proportion du nickel au cobalt dans la pentlandite de Sudbury varie et va de 40 à 42 : 1, ce qui est remarquable vu que cette proportion est presque identique à celle que l'on trouve dans les gîtes de minerai.

(1) Am. Jour. Sc. (3me Serie) Vol. XLV, 1893, pp. 493-494.
(2) Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Albany Meeting, February, 1903.
(3) Eng. and Min. Jour., 2 décembre, 1893, Vol. LVI, p. 566.
(4) Dana, System of Mineralogy, 6e Ed., 1892, p. 65.

On a opéré la séparation magnétique des sulfures presque purs qui composent le minerai de la mine de Creighton, au moyen du séparateur Wetherill, les matériaux ainsi employés ayant été broyés à différents degrés de finesse et gradués au tamisage. Le produit primitif indiquait à l'essai une richesse de 1.20 p.c. de cuivre et 4.87 p. c. de nickel avec 2.49 p.c. de matières insolubles. Les matériaux très purs ont donné la séparation la plus nette et ceux qui ont passé par un tamis de 100 mailles, ont été divisés en trois produits que l'on pouvait classer en : fortement magnétiques, faiblement magnétiques et non magnétiques. Les produits faiblement magnétiques dénotent l'existence de 30.41 p.c. de nickel et les non-magnétiques, de 30.36 p.c. de nickel. Une analyse complète et l'ajustement des éléments constituants a montré que la portion faiblement magnétique consiste en chalcopyrite et pentlandite dans la proportion de 1 : 21, tandis que le produit non magnétique des mêmes minéraux donne la proportion de 1 : 7.

PYRITE

Il n'est pas rare de rencontrer dans ces gisements un sulfure qui présente tous les caractères physiques ordinaires de la pyrite, au point de vue de la dureté, la densité, la couleur, lelustre et le magnétisme et on peut généralement le trouver quand on le cherche spécialement. Le Dr Coleman (1) signale de gros cristaux cubiques de pyrite trouvés dans les fissures avec du quartz et du calcite à la mine Elsie mais l'essayage n'a pas donné de nickel. Dickson signale le fait qu'un grand nombre de ses échantillons de la mine Copper Cliff étaient associés à des quartz, calcite et millerite secondaires. On a remarqué aussi de la pyrite avec de la pyrrhotine, chalcopyrite et danaite à la Century Copper Mine sur la moitié nord du lot 4, con. IV du township de Graham. Une détermination faite par M. F. G. Wait de la Commission Géologique a montré 0·49 p.c. de nickel avec un indice de cobalt. Le Dr Walker(2) a trouvé ce qu'il considère être une vraie variété nickelifère à la mine de Murray et il a publié une description et une analyse complète de l'échantillon. Nous en donnons ci-après l'analyse sous le titre 1 ; et si le minerai est considéré comme une pyrite dans laquelle le fer est remplacé isomorphiquement par du nickel, l'explication en est donnée sous les titres II et III.

---

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 281.
(2 Am. Jour. Sc. Vol. XLVII, 3e série, avril 1894, pp. 312-314.

I		II			III	
Nickel	4·34	Nickel		4·34	NiS_2	9·12
Fer	39·70	Soufre	49·31	4·78		
				44·53	FeS_2	83·49
Soufre	49·41	Fer	39·70	38·96		
				·74	Fe_3O_4	1·02
Humidité	·10	Oxygène (calculé).		·28		
Cuivre	traces	Humidité				·10
Insoluble	5·76	Insoluble				5·76
Arsenic	aucun					
		Total				99·49

M. McVittie a trouvé un minéral particulier, vert-grisâtre, bronzé, non-magnétique, sur l'emplacement qu'occupe maintenant la mine Gertrude. Le minéral se présente massif avec de petits cristaux de magnétite et des taches de chalcopyrite disséminées, dans un filon d'environ six pouces de large adjacent au granite. L'analyse de ce minéral faite après en avoir enlevé la magnétite a donné à M. Mickle (1) les résultats suivants dans les colonnes I, et en II on trouve les proportions en omettant les matières insolubles et en reportant le tout à 100.

	I	II
Fer	37·28	41·48
Soufre	46·54	57·79
Nickel	5·95	6·62
Cuivre	0·10	0·11
Insoluble	9·66	....
Total	99·53	100·00

M. Mickle considère ceci comme un agrégat composé de pyrite, millerite et chalcopyrite et la composition donnée ci-dessus répond pratiquement à cette mixture. On trouve un composé très analogue à l'ancienne mine Béatrice (mine Davis) sur le lot 1 con III du township de Blezard. Après une analyse de ce minéral, le Dr Emmons (2) a décidé que c'était un nouveau sulfure de nickel et de fer et a proposé de lui donner le nom de "Whartonite." Le minéral n'est pas homogène et est évidemment une mixture. Il a une couleur bronzée particulière il est cellulaire et ses cavités sont tapissées par de menus cristaux cubiques avec des matières finement granulées intermédiaires. Les mineurs les désignent généralement sous le nom de "matte," à cause

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 282
(2) Ann. Rep. Bur. Mines, Ont., 1892, p. 170.

de sa ressemblance avec ce produit artificiel. L'analyse chimique d'Emmons montre qu'il contient. (1)

Nickel	5·40
Fer	42·90
Soufre	45·00
Insoluble	4·80
Total	98·10

MARCASSITE.

Le minéral ainsi désigné se distingue de la pyrite surtout par sa couleur blanc d'argent que l'action atmosphérique elle même ne fait qu'intensifier légèrement en un jaune bronze pâle. Des échantillons de cette matière, soumis au Prof. Penfield par M. C. W. Dickson ont été considérés par lui comme de la marcassite. Les analyses sont conformes à la formule Fe S_2 et indiquent la présence de 2 a 4 p. c. de nickel probablement en pentlandite. Le Dr. Walker signale la présence de marcasite, au milieu des sulfures ordinaires de la mine Murray mais les essais de ces matériaux n'ont pas décelé la présence de nickel. Les spécimens les plus remarquables peut-être qu'on puisse inclure sous cette désignation sont ceux pour lesquels le Dr S. H. Emmons a proposé le nom de "bleuite" (2). Ce minéral a un reflet métallique, un peu soyeux tandis que sa couleur est gris olive clair inclinant vers le bronze. Les spécimens-types venaient de la mine de Gersdorffite (lot 12. con. III, de Denison), qui à cette époque était exploitée, sous promesse de vente par la Emmons Metal Company. On trouve aussi ce minéral sur le lot au sud de celui-ci (lot 12, con. II), ainsi qu'à la mine Totten (lot 1, con. II., Drury), et à la mine Worthington (lot 2, con. II., Drury). L'analyse du Dr Emmons, dénote la présence de 3.5 pour cent de nickel avec 38.8 p.c. de fer et 5.4 p.c. de matières insolubles mais le pourcentage du soufre, 52.3 p. c., calculé par déduction est évidemment exagéré. A la mine de Gersdorffite, la marcassite nickelifère se trouve en association avec la niccolite, la gersdorffite, la pyrrhotine et la chalcopyrite dans un petit filon de quartz, recoupant un schiste amphibolique.

Aux mines de Worthington et de Totten, ce minerai de nickel très blanc se présente sous forme de lambeaux circulaires ou ovals qui sont

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1892, p. 170 ; et Jour. Am. Chem. Soc., Vol. XIV, No 7.

(2) Jour. Ann. Chem. soé. vol. XIV., No 7. et Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont, 1892, p. 168.

très visibles, enclavés dans la pyrrhotine et la chalcopyrite et associés à des matières rocheuses. L'essai d'un spécimen de la mine Worthington fait par M. T. L. Walker a décelé la présence de 4.5 p. c. de nickel Un spécimen a été aussi envoyé au Prof. F. W Clarke, chimiste en chef de la Commission Géologique des Etats-Unis, et une analyse de ce minerai faite par le Dr. F. W. Hillebrand a donné le résultat suivant (1)

Fer	38·36
Nickel	4·57
Manganèse	0·10
Soufre	45·11
Acide sulfurique	0·95
Acide carbonique	1·49‡
Oxyde de calcium	1·91
Magnésie	0·41
Matières insolubles	4·80
Humidité à 100° C	0·55
Humidité combinée	?
Perte et oxygène	?
Total	98·25

Un examen de l'analyse qui précède indique qu'elle répond beaucoup à la supposition que le nickel existe sous forme de pentlandite disséminée dans la marcassite. Le professeur Clarke dit dans sa lettre : " Il me semble que cette matière est un mélange et non une espèce distincte. Vos minéraux de Sudbury, méritent de faire l'objet d'une étude approfondie et ce travail sera bien compensé par ses résultats."

MILLÉRITE

Le sulfure simple ou normal de nickel se rencontre quelquefois dans quelqus-unes des mines et peut bien être l'origine d'une partie du nickel de ces gisements. D'après sa formule NiS, ce mineral devrait contenir quand il est pur 35·3 p.c. de soufre et 64·7 p.c. de nickel. Des cristaux fins indiscutables de millérite ont été trouvés à la mine de Copper Cliff dans des excavations à 150 pieds, au dessous de la surface. Un autre spécimen contenantce mineral associé à de la pyrrhotine a été recueilli dans la mine Béatrice, sur le lot 1, con. III du township de Blezard. Dickson signale qu'il a trouvé des " petits paquets de cristaux capil-

(1) Rap. Ann. Comm. Geol. Com. Vol V,, 1890-91 Partie S.S,

‡ Calculée en supposant que tout le calcium existe sous forme de carbonate.

laires de ce minéral, dans les cavités d'une espèce de pyrite rayonnante et mêlés à de la calcite." Il considère la millérite comme indubitablement secondaire et probablement dérivée de la pentlandite préexistante.

POLYDYMITE

Ce mineral se rencontre associé à la chalcopyrite, la chalcocite, la pyrrhotine et la pyrite, à la mine Vermillon sur les lots 5 et 6 de la con. IV du township de Denison. Il est gris d'acier, massif et excessivement altérable à l'air. Sa densité est de 4·5. Un analyse de matériaux soigneusement choisis a donné à Clarke et Catlett les résultats figurent au titre I ([1]). Un bon échantillon du minerai de Vermillon analysé par M. Browne, a donné, déduction faite de 1·5 pour cent de silice, les résultats figurent au titre II, c'est évidemment de la polydymite impure. ([2])

	I	II
Nickel	41·96	36·85
Fer	15.57	18.70
Soufre	40·80	38·43
Cuivre	0·62	4·47
Silice	1·02	
Total	99·97	98·45

Ces chiffres donnent à peu près la formule $Ni_3 FeS_5$. On n'a pu découvrir ni cobalt ni arsenic. Si nous déduisons la silice et aussi le cuivre compris comme chalcopyrite adjointe et si nous refaisons le calcul de l'analyse I, sur la base de 100, nous obtenons les chiffres suivants :

Nickel	43·18
Fer	15·47
Soufre	41·35
Total	100·00

En somme, ce minéral a la composition Ni_4S_5 ; un quart environ du nickel est remplacé par du fer ce qui concorde avec la polydymite de Laspeyres dont il est évidemment une variété ferrifère. La polydymite dont le spécimen qui précède a été tiré venait d'un massif dans lequel on avait antérieurement trouvé une moyenne de 35·39 de nickel et de 5·20 p.c. de cuivre.

(1) Amer. Jour. Sc., Vol. XXXVII, 1889, p. 372-374.
(2) Eng. and Min. Jour. Dec. 2, Vol. LVI, p. 566.

Un spécimen de la soi-disant polydimite a été donné à l'auteur par M. F. L. Sperry quand il était chimiste de la Canadian Copper Co. On savait alors que le minéral était impur, mais c'était le meilleur spécimen qu'on pût trouver pour le Musée. Le morceau était principalement de la polydimite dans une pâte composée de diorite et de petites quantités de quartz. Un morceau choisi avec soin, mais qui cependant contenait encore un peu de mélange de pâte et de chalcopyrite—a été analysé par M. R. A. A. Johnston qui a trouvé qu'il contenait 40·80 p.c, de nickel sans cobalt.

SPERRYLITE

La sperrylite a été découverte à la mine Vermillon dans des roches décomposées ou matières meubles et a été nommée ainsi d'après le nom de M. Francis L. Sperry de la C. C. Co. par les professeurs Horace L. Wells et S. L. Penfield de l'Ecole des sciences de Sheffield qui ont examiné et décrit cette nouvelle espèce. (1) Les matériaux quand ils furent reçus consistaient en un sable lourd et brillant composé en grande partie de la sperrylite mais on pouvait voir entremêlé à cette matière un nombre considérable de fragments de chalcopyrite et de pyrrhotine et quelques silicates. Après que les matériaux eurent été purifiés on trouva qu'ils contenaient quelques grains transparents que l'on constata à l'examen, être de l'oxyde de zinc ou de la cassitérite (SnO_2).

La sperrylite est isométrique, les cubes simples sont fréquents et les octaèdres ne se trouvent qu'exceptionnellement, la majorité des cristaux sont des combinaisons de cubes et d'octaèdres. La résistance est entre six et sept car elle raye le feldspath, mais pas le quartz. La densité est de 10,602· Les cristaux n'ont pas de clivage net, mais sont très friables et se brisent avec une fracture irrégulière et probablement conchoïdale. La composition chimique en prenant la moyenne de deux analyses a été la suivante :

Arsenic	40·98
Antimoine	0.50
Platine	52·57
Rhodium	0·72
Palladium	trace
Fer	0.07
Cassitérite ou oxyde de zinc	4.62
Total	99·46

1) Amer. Jour. Sc. Vol. XXXVII, 1889, pp. 67-68.

La composition est donc représentée par la formule $Pt\ As_2$ une petite portion du platine et de l'arsenic étant remplacée respectivement par du rhodium et de l'antimoine. La couleur du minéral était presque blanc de zinc et à peu près la même que celle du platine métallique La poudre fine est noire. Presque tous les grains décèlent des facettes cristallines extrêmement brillantes bien que tous les cristaux soient de dimension fragmentaire, généralement de $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{500}$ de pouce de diamètre.

Le Professeur Wells s'attendait à constater la présence d'une quantité appréciable d'iridium mais des recherches attentives n'ont pas même révélé de traces de cet élément.

La sperrylite est considérée comme la source des métaux du groupe platine qui existent invariablement en quantités appréciables dans les mattes bessemerisées ; les essais des mattes des mines de Copper Cliff et de Victoria indiquent de 0·4 à 0·5 once par tonne. Partout où l'existence de ce minéral a été examinée, il est associé directement et intimement à la chalcopyrite, et ainsi les mattes riches en cuivre contiennent une grande quantité de platine tandis que celles qui contiennent très peu de cuivre, ne laissent voir en conséquence que peu de platine. Dans l'analyse faite par le Dr. Walker (1) de la matte bessemer de la mine Murray, on constate la présence d'iridium et d'osmium en quantités à peu près égales ; mais comme il est indiqué plus haut, dans l'analyse du Prof. Wells, on n'a pas découvert ces métaux. Le baron Von Foullon conclut de l'absence de ces éléments qu'il y a un autre métal présent qui contient l'iridium, mais bien que ce soit possible, le Dr. Walker considère que la chose peut s'expliquer plus facilement par le fait que dans quelques cas, une partie du platine dans la sperrylite est remplacée par des éléments qui sont de l'iridium et de l'osmiun.

NICCOLITE.

Ce minéral intimement associé avec de la gersdorffite et des quantités variables de pyrrhotine, de chalcopyrite et de pyrites entremêlées, a été trouvé lié à l'existence de deux petits massifs ou irruptions de diorite micacée quartzeuse (norite altérée) dans le township de Denison. Cette diorite forme deux petites collines qui surmontent la contrée environnante supportée par une espèce de tufs ou grauwackes ardoisiers ; ces roches entourent la diorite de tous côtés. Un de ces massifs appelé mine Macdonell ou Gersdorffite est situé dans l'angle sud-est du lot 12, con. III., de Denison et l'autre constituant ce qu'on nomme la mine

(1) Amer. Jour. Sc., Vol. I.,1896 p. 112.

Hiram Robinson est dans l'angle nord-est de la moitié occidentale du lot 12, con. II du même township. La roche encaissante, dans le voisinage immédiat, est généralement une diorite schisteuse ou schiste amphibolique produit par l'étirage de la diorite plus massive dont est composée la plus grande partie de la colline. Cette roche est faite principalement de cristaux irréguliers d'amphibole agrégés intimement, les quelques petits interstices restant étant occupés par du quartz et du plagioclase. A la mine de Gersdorffite. où ont été pris les premiers et les plus beaux spécimens de ce minéral et de la gersdorffite associée, on les trouve dans un petit filon entrefeuilleté de schiste à actinolite chloritique, sur le côté nord d'une petite étendue de diorite indiquée sur la carte. Le filon consiste surtout en quartz, avec une très petite quantité de feldspath et de calcite avec des grains et de petits massifs disseminés de sulfures déjà signalés, le plus abondant et le plus en vue étant la niccolite et, surtout la gersdorffite. On n'a pas analysé la niccolite. Quand elle est pure, elle est representée par la formule NiAs = arsenic 56·1, nickel 43·9 = 100·0. Elle contient habituellement un peu de fer et de cobalt et du soufre et quelquefois, une partie de l'arsenic est remplacée par de l'antimoine. Ce minéral se présente massif et le rouge cuivre clair qui lui est particulier est bien net. Un échantillon contenant de la niccolite et de la gersdorffite a été soumis par l'auteur à M. T. L. Walker qui les a trouvées trop fortement associées pour qu'on puisse les séparer en vue de l'analyse. Il a donc fait une analyse des deux minéraux ensemble et le résultat a été le suivant .(1)

Nickel	20·87
Cobalt	0·64
Cuivre	trace.
Fer	2·43
Soufre	10·60
Arsenic	26·04
Silice	26·70
Alumine	5·43
Magnésie, Chaux, Soude	7·29
Total	100·00

GERSDORFFITE.

Ce minéral a été découvert la première fois dans un petit échantillon apporté au Musée Geologique en 1891 par M. Eagleson qui l'avait obte-

(1) Rap. Ann. Comm. Geol. Can., Vol. V. 1890-91. Partie SS.

nu de M. Dan. O'Connor de Sudbury, propriétaire de la mine de Gersdorffite sur laquelle il avait été trouvé. Les particularités de l'association de ce minéral ont été déjà décrites sous le titre de niccolite. Le minéral, quand il est pur est essentiellement un arseniosulfure de nickel avec la formule NiAsS ou NiS_2, $NiAs_2$=soufre 19·3, arsenic 45·3, nickel 35·4=100·0. Le fer remplace le nickel, souvent en quantité considérable et aussi quelquefois le cobalt. Ce qui suit est la description du spécimen recueilli par l'auteur en 1891, préparée par le Dr Hoffman et M. R. A. A. Johnston. (2)

Texture en grande partie lamellaire mais quelquefois granulaire ; on observe aussi quelques menus cristaux assez bien développés dénotant des formes d'octaèdres et d'octaèdres cubiques avec prépondérance des facettes octædriques. Couleur gris d'acier, çà et là ternie et devenue noirâtre. Densité (après correction à cause d'un peu de quartz) 6·231 à 15·5° C.

La matière sur laquelle s'est faite l'analyse, bien que choisie avec toutes les précautions possibles, et apparemment pure, autant qu'on a pu en juger, contenait néanmoins ce que l'on a ensuite reconnu être une quantité très appréciable de quartz. Son analyse a fourni à M. R. A. A. Johnston les résultats qui figurent au titre I. En déduisant la pâte (silice) et en refaisant le calcul des éléments constituants restant, sur la base de cent, on obtient les chiffres donnés au titre II.

	I	II
Arsenic	40·31	46·96
Soufre	14·34	16·71
Nickel	22·50	26·32
Fer	6·78	7·90
Cobalt	1·73	2·01
Cuivre	0·09	0·10
Pâte (quartz)	13·55	.....
Total	99·39	100·00

Ce mineral n'avait pas encore été reconnu comme existant au Canada.

MORÉNOSITE

Ce minéral qui est aussi connu sous le nom de " Vitriol de nickel " est un sulfate de nickel hydraté ($NiSO_4 + 7\ H_2O$)=trioxyde de soufre 28·5, protoxyde de nickel 26·6, humidité 44·9=100·0. " On le trouve

(2) Rap. Ann. Cann. Gol. Can. Vol. V, 1890-01, partie R.

sous forme d'incrustations blanc verdâtre et vert pomme clair dans la gersdorffite, la niccolite, la chalcopyrite et la pyrrhotine associées, à la mine de Macdonell ou mine Gersdorffite (lot 12, con. III, de Denison) ; on la trouve aussi mais en moindre quantité, comme incrustation blanc verdâtre, sur quelques morceaux de minerai nickelifère de la mine Worthington (lot 2 con. II, Drury). (1) On en a aussi remarqué à la mine Wallace sur le lac Huron.

ANNABERGITE

On s'est aperçu que quelques échantillons de gersdorffite qui étaient restés dans les tiroirs d'une vitrine minéralogique pendant une couple d'années avaient subi une décomposition partielle avec formation d'arseniure de nickel hydraté. Les matières en question venaient de la mine Gersdorffite, (lot 12, con. III, Denison) et consistaient en gersdorffite avec quelques parcelles disséminées de calcopyrite. L'arseniure de nickel qui tapissait et remplissait les cavités de la gersdoffite, possédait dans le premier cas la forme de croûtes brotryoïdes, globulaires ou mamillaires d'une couleur jaune verdâtre vert prairie pâle et jaune miel allant jusqu'aux couleurs brunâtres. Extérieurement, il avait un reflet allant du semi-vitreux au vitreux, et celui qui remplissait les cavités était compact et amorphe, d'une texture colloïdale, avec une couleur jaune verdâtre et un reflet cireux, et aussi, quelquefois mais plus rarement terreux, crayeux et terne. (2)

DANAITE *(Arseniopyrite cobaltifère)*

Ce minéral est un sulfo-arséniure de fer (FeAs S) avec une partie du fer remplacé par du cobalt. En conformité avec la formule ci-dessus il devrait donc contenir, théoriquement, arsenic 46·0, soufre 19·7, fer 34·3=100·0. Il n'abonde pas dans la région de Sudbury et n'a été rencontré qu'en deux endroits où on le trouve associé aux diorites et aux schistes amphiboliques anciens. Le premier endroit où on l'a trouvé est la moitié septentrionale du lot 6, con. III, du township de Graham, ce lot formant une portion de ce que l'on désigne sous le nom d'emplacement ou mine Russell.

Ce minéral est massif, de couleur gris d'acier. Entremêlées avec lui on trouve de petites quantités de quartz blanc, translucide, un peu de pyrrhotine, de galène et une quantité insignifiante de chalcopyrite. la densité de 15·5° C.= 5·988.

---

(1) Rap. Ann. Comm. Geol. Can. Vol. VI, 1892-93, partie R.
(2) Rap. Ann. Comm. Geol. Can. Vol. VI, 1892-93, partie R.

Uue analyse de R. A. A. Johnston ([2]) sur des matériaux soigneusement triés figure sous le titre I. En déduisant la pâte ou silice et en refaisant le calcul sur la base de 100, on obtient les résultats qui figurent au titre II.

	I	II
Arsenic	40·16	42·22
Soufre	17·92	18·84
Fer	31·69	33·32
Cobalt	3·89	4·09
Nickel	0·88	0·93
Antimoine	0·57	0·60
Or	trace.	trace.
Pâte (quartz)	4·77	
Total	99·88	100·00

Ce minéral se trouve aussi en quantités considérables sur le ½ N lot 4, con. IV, du township de Graham, dans un gisement qui était exploité pour l'extraction du cuivre et appelé la Century Copper Mine. Il est en association intime avec la pyrrhotine, la chalcopyrite et la pyrite, abondamment disséminées dans un schiste à amphibole et à biotite et et aussi dans un quartzite grisâtre clair qui est enclavé dans le schiste amphibolique.

SMALTITE

Ce mineral, autant qu'on pu s'en assurer, est rare dans la région de Sudbury, bien qu'il se trouve en massifs considérables dans la région de Timagami, au nord-est. C'est un diarseniure de cobalt $CoAs_2$=Arsenic 71·8, cobalt 28·2=100·0. Ce minéral a été observé par M. E. B. Kenrick de la Commission Géologique du Canada, sous forme de menus cristaux, avec un clivage octaèdrique bien net, associé à la chalcopyrite. Il venait du township de McKim. ([1])

GALÈNE

Ce minéral a été trouvé dans toutes les mines où on l'a cherché. C'est le sulfure de plomb ordinaire PbS=soufre 13·4, plomb 86·6=100·0 ; il contient habituellem nt un peu d'argent. On le trouve généralement en filons minces pénétrant les autres sulfures. Il peut bien être la source de beaucoup de l'argent trouvé dans toutes les mattes prove_

(1) Rap. Ann. Comm. Geol. Can. Vol., V, 1890-91, partie R.
(2) Rap. Ann. Comm. Geol. Can. 1886, partie I.

nant des minerais de Sudbury. Il dénote ordinairement une couleur gris de plomb brillante avec un clivage cubique bien marqué. On n'a pas fait d'analyses de ce minéral en association immédiate avec les gites de minerai.

CHALCOSINE

L'existence de ce minéral, désigné aussi comme reflet de cuivre n'a été signalée qu'à la mine Vermillon, dans le township de Denison. Sa présence en cet endroit a été remarquée par M. Johnston dans un échantillon remis à l'auteur par M. F. L. Sperry. Cet échantillon consistait en chalconise et chalcopyrite dans lesquelles était disséminé un peu de polydymite. Quelques fragements avaient une couche de carbonate vert de cuivre. M. Johnston a trouvé que l'échantillon contenait 9·40 p.c. de nickel et pas de cobalt. On n'a pas fait d'analyse chimique de la chalconise.

BORNITE

M. C. W. Dickson mentionne le fait qu'il a vu quelquefois ce mineral Un peu de chalcopyrite, provenant de la mine de Vermillon et qui avait été fortement exposée à l'action de l'air, présente une ressemblance générale avec ce minéral. Cependant l'auteur n'a pas trouvé de bornite indiscutable.

MAGNÉTITE

Ce minéral est un élément constituant invariable de la norite et est toujours plus ou moins titané. Il est généralement disséminé en grains menus dans les gisements de minerais, mais en règle générale en quantités très subalternes. Quelquefois de petits massifs de magnétite titanée sont associés à la pyrrhotine et une analyse d'un massif de ce genre, provenant de la mine Murray a donné au Dr Walker (1) 18·34 p.c. d'acide titanique. Le plus grand massif encore constaté a été trouvé dans les excavations de la mine Clarabelle ou d'après le Capt. McArthur, on en a constaté environ cinq tonnes enclavées dans les sulfures. Cette magnétite est attirée facilement par l'aimant et contient des grains de pyrrhotine et de chalcopyrite, ainsi que de petites portions d'un silicate vert. (2)

CASSITERITE

Les matières purifiées sur lesquelles le professeur Wells de l'Université de Yale a fait l'analyse de la sperrylite, contiennent, comme nous l'avons

(1) Quart. Jour. Geol. Soc. Lon. Vol. LIII., Feby., 1897, p. 52.
(2) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 281.

dit, 4·62 p.c. d'oxyde de zinc sous forme de grains menus transparents. Ceux-ci examinés avec soin ont été reconnus appartenir à l'espèce castérite.

CUIVRE NATIF

Des formations dendritiques ou semblables à des feuilles se voient quelquefois à la mine Vermillon, où l'on a trouvé quelques échantillons de chloritoschiste, laissant voir du cuivre natif développé le long des plans de clivage. M. L. P. Silver a un spécimen de diorite provenant du douzième niveau de la mine de Copper Cliff, laissant voir un bon dépôt de cuivre feuilleté qu'il considère formé par une réduction de la chalcopyrite attaquée par des solutions lessivantes à travers la roche.(1)

OR NATIF

Les échantillons de minerai provenant de la mine Vermillon contiennent des quantités appréciables d'or natif et l'on a pu extraire de cette mine des spécimens laissant voir des grains et des filets d'or natif disséminés, quelquefois de grande dimension. Toutes les mattes provenant des minerais de Sudbury contiennent de l'or, la proportion de ce métal variant dans la matte bessemer de fortes traces à 0·3 once par tonne. La quantité moyenne serait d'environ 0·15 once d'or par tonne, quoique M Silver (2) signale qu'il a trouvé 0.75 once d'or dans une matte qui contenait 34·64 p.c. de nickel et de cobalt et 42·75 p.c. de cuivre.

GRAPHITE

Le Dr Coleman (3) rapporte qu'il a trouvé quelques écailles de graphite dans la roche encaissante, dans les rebuts de la mine Lady Macdonald.

CUBANITE

M. David H. Browne (4) qui a été quelque temps chimiste de la Canadian Copper Co. à Copper Cliff a trouvé ce minéral qui est représenté par la formule $Cu\ Fe_2S_4$=soufre 35·4, cuivre 23·3, fer 41·3=100·0 dans les tas de grillage où c'est un des produits qui se forment durant le grillage.

(1) Jour. Can. Min. Inst., Vol. V., 1902, p. 536.
(2) Jour. Can. Min. Inst., Vol. V, 1892, p. 535.
(3) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 284.
(4) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 284.

En plus des espèces minérales qui viennent d'être mentionnées, on peut signaler le fait que l'on trouve le quartz, la calcite, la dolomie et l'ankerite, en association avec les sulfures massifs. Mais ces minéraux sont relativement sans importance et même, dans des gisements comme ceux des mines Victoria, il faut ajouter beaucoup de quartz dans le chargement des fournaux à cause de la prédominance basique des roches associées. Presque toute la pâte est de la norite ou diorite entremêlée

Composition des gîtes de minerais

Les gîtes de minerai auxquels le nickel et le cuivre sont immédiatement associés consistent essentiellement en un mélange de sulfures, où la pyrrhotine (Fe_8S_9) est de beaucoup de l'élément constituant prédominent; la chalcopyrite y existe presque toujours, généralement en quantité considérable quoique beaucoup moindre que la pyrrhotine. Il a été prouvé d'une façon concluante, au moyen de séparations magnétiques exécutées par MM. Browne, Dickson et par l'auteur que le nickel existant dans ce minerai est contenu dans la pentlandite, bien que M. Browne soit enclin à croire que la petite quantité retenue par la portion magnétique ou pyrrhotine proprement dite existe partiellement du moins, comme élément constituant essentiel de la pyrrhotine. Cette pentlandite est généralement répartie très finement et très uniformément dans le massif tout entier, bien que, dans certaines mines, comme à Creighton, Copper Cliff, Evans et, d'une façon très notable, aux mines Worthington, elle se rencontre en taches ou plaques ayant souvent jusqu'à un pouce de diamètre et même plus et composées de matières assez pures. L'abondance relative de ce sulfure de fer et nickel détermine la richesse ou les autres caractères du gisement qui le contient. La pyrite contribue aussi à la formation de ces gisements et une grande partie est nickelifère. L'opinion diffère actuellement un peu quant à la forme sous laquelle le nickel existe dans cette composition. Les recherches du Dr Walker tendent en effet à prouver que cet élément remplace isomorphiquement dans la combinaison chimique une quantité équivalente de fer, tandis que d'autres considèrent la pentlandite entremêlée comme la source du nickel. Certains autres sulfures de nickel déjà cités et décrits contribuent aussi à la richesse extraordinaire de ces gisements, mais ils sont relativement bien moins importants et dans beaucoup de cas, lorsque ces minéraux existent, ils sont, autant qu'on a pu le constater, sans importance commerciale. On trouve toujours une quantité variable de pâte provenant généralement de l'éruptive associée mais quelquefois aussi des schistes verts anciens, des grauwackes et des quartzites. Le pourcentage de ces ma-

tières rocheuses entremêlées est quelquefois extraordinairement fort comme dans certaines parties des mines Elsie et Murray où l'on a employé en grande quantité des matériaux consistant en sulfures et en roches, en égale proportion, tandis que dans d'autres cas, comme aux mines Creighton et Victoria, les sulfures sont si purs et si massifs qu'il faut ajouter au chargement des fournaux de grandes quantités de norite pour agir comme fondant. On rencontre presque toujours de la magnétite et de certains des silicates particuliers à la norite, généralement plus ou moins décomposés, comme l'amphibole, l'actinote, la serpentine ou chlorite. Une quantité relativement petite de quartz, calcite, dolomie et dans de rares occasions des cristaux de molybdénite à tourmaline et d'apatite se rencontre également.

La pyrrhotine et la chalcopyrite, ne sont pas, en règle générale, assez intimement entremêlées pour former un massif homogène, mais on peut dire qu'elles se trouvent en nids, taches, paquets ou filets, l'une dans l'autre. La chalcopyrite n'est pas aussi intimement entremêlée à la pyrrhotine, mais elle tend plutôt à s'isoler en plaques ou taches généralement encaissantes, mais quelquefois encaissées par la pyrrhotine. On peut quelquefois séparer des massifs considérables de chalcopyrite donnant à l'essai plus de 30 p. c. de cuivre ou de la pyrrhotine qui ne décèlera que des traces de ce métal. Dans la pratique cependant un examen et un essai attentifs ont prouvé que les deux minéraux sont associés trop intimement pour permettre le triage à la main. Bien qu'il soit rare de trouver de la chalcopyrite absolument dénuée de pyrrhotine, on a trouvé celle-ci en gros massifs de comparativement vierges de cuivre. Le premier minerai expédié de la mine Gertrude était tellement indemne de cuivre qu'on se proposait de l'employer pour la production du ferro-nickel et ce gisement fut acheté à cette fin par la Lake Superior Power Company. Des analyses faites sur un gros massif de minerai de la mine Creighton extrait près de la surface, ont montré que le nickel varie de 4·87 p. c. à 5·31 p. c. avec de 0·72 p. c. à 1·20 p. c. de cuivre. L'intimité prédominante d'association entre la pyrrhotine et la chalcopyrite ressortira peut-être mieux si nous citons le fait que les échantillons triés à la main et provenant des mines d'Evans, Stobie et Copper Cliff, réunis et analysés par M. Browne (1) ont décélé la présence de 13·86 à 15·71 p. c. de cuivre avec une quantité suffisante de pyrrhotine et de pentlandite mélangées aux échantillons pour donner à l'essai 1·28 à 2·47 p. c. de nickel. D'un autre côté, du minerai de nickel choisi dans la mine de Copper Cliff avec 8·12 p. c. de nickel contenaient seulement 0·80 p. c. de cuivre et du minerai

(1) Eng. and Min. Jour., Dec. 2, 1893, Vol. LVI, p. 566.

choisi de la même façon dans la mine d'Evans et contenant 5·36 p. c. de nickel a dénoté la présence de 0·49 p. c. de cuivre seulement. Dans certains des gisements comme, par exemple, au puits principal de la mine Victoria, le nickel et le cuivre sont en quantités presque identiques, les essais d'un grand nombre d'échantillons, en laissant de côté les matières insolubles, dénotent la présence de 3·66 p. c. de chaque métal. Aux mines Dominion, Murray et Elsie, le nickel est généralement presque le double du cuivre. Ainsi, M. George Attwood, I. M. (1) qui fut à un certain moment directeur de la Dominion Mineral Company dit, en date du 18 mars 1891, que les "kies" ou portion métallique de la mine Blezard donnaient une moyenne de 4 p c. de nickel et 2 p. c. de cuivre, comme résultat de nombreux essais et de l'exploitation courante de la mine. A peu près à la même époque, M. F. R. W. Daw, alors directeur de la mine Murray, disait que le minerai fondu à cette mine contenait une moyenne de 1·5 p. c. de nickel et de 0·75 p. c. de cuivre. D'autres essais d'un échantillon moyen du minerai de cette mine indiquent 0·9 p. c. de cuivre, avec 1·5 p. c. de nickel et 46 p. c. de matières insolubles ou l'équivalent de 1·66 p. c. de cuivre et 2·76 p. c. de nickel pour le sulfure pur.

Les mines Gertrude et Creighton et spécialement cette dernière sont des gisements où le nickel se trouve souvent dans le minerai dans la proportion de 3 ou 4 à 1. Dans les premières années d'exploitation des mines de la Canadian Copper Company, le cuivre dépassait de beaucoup le nickel en quantité et les essais de minerai brut, pris dans ces mines au hasard indiquaient une variation dans le cuivre de 4·03 à 9·98 p. c. avec une moyenne de 6·44 p. c., tandis que le nickel, dans les mêmes échantillons varie de 1·12 p.c. à 4·21 p.c. avec une moyenne de 2·38 p. c. La prépondérance du cuivre s'est maintenue quelque temps car une moyenne de deux échantillons de mattes provenant du haut-fourneau et pris le 22 février 1889 et le 2 mars de la même année ont donné : cuivre 26·91 et nickel 14·14 p. c. Vers la même époque la Dominion Mineral Company produisait des mattes contenant 18 à 20 p. c. de cuivre et 24 à 26 p. c. de nickel. Actuellement cependant cet état de choses est renversé complètement et deux spécimens de cette matte analysés par M. Donald Locke, de la Commisson ont donné 14.53 p. c. et 14·69 p. c. de cuivre avec 26·34 p. c. et 28·17 p. c. de nickel respectivement.

Le nickel qui existe dans la pyrrhotine de la région de Sudbury varie généralement de 2.25 p. c. a 5.50 p.c, le chiffre le plus bas caractérisant des gisements comme ceux des mines de Stobie, Murray et Elsie

(1) Rap. Comm. Geol. du Can. Vol. V, 1890-91, Partie F.

et le plus élevé est atteint et même dépassé par le minerai des mines Creighton, Victoria, Blezard, Copper Cliff et Evans, On rencontre quelquefois de petits spécimens qui contiennent jusqu'à 30 p.c. de nickel, comme dans la mine Worthington, mais on ne peut se procurer des matériaux de ce genre que par un triage à la main soigneux aux mines Worthington ou Creighton. Ces minerais contiennent des quantités appréciables de cobalt, d'or, d'argent et de métaux du groupe platine. On y trouve presque toujours du cobalt mais dans la plupart des essais fait sur les minerais, il est inclus avec le nickel. Le cobalt est généralement en quantité très uniforme dans la proportion d'un quarantième ou d'un cinquantième du nickel existant. La quantité des éléments plus rares, comme l'or, l'argent et le platine est généralement si petite que les proportions peuvent être mieux déterminées par l'analyse des mattes bessemer ou de plus haute teneur. Les analyses de ce produit qu'on peut se procurer contenant environ 80 p.c. de nickel et de cuivre combiné donnent de 0.10 à 0.20 once d'or avec une moyenne de probablement environ 0.15 once à la tonne de 2.000 livres. Cependant M. L. P. Silver (1) a obtenu jusqu'à 0.75 once d'or dans la matte riche de l'Orford Copper Company contenant 39.64 p.c. de nickel et cobalt et 42.75 p.c. de cuivre. M. Locke de la Commission Géologique, indique que, dans cette matte contenant 40.37 p.c. de nickel et 24.90 p.c. de cuivre on ne trouve que 0.10 once d'or par tonne. Dans la matte produite par la Mond Nickel Company contenant 41.88 p.c. de nickel et 37.37 p.c de cuivre, ce même chimiste a trouvé $\frac{1}{15}$ d'once d'or.

L'argent dans ce minerai est encore plus variable. En effet, M. Locke a trouvé 2.5 onces à la tonne dans la matte de l'Orford Copper Company et 4.87 onces à la tonne dans la matte produite par la Mond Nickel Company. L'analyse de M. J. W. Bain (2) indique 5.1 dans la matte de l'Orford Copper Company. M. L. P. Silver donne 5.30 onces par tonne, tandis que M. Ulké trouve qu'il y a 7 onces d'argent par tonne dans cette même matte. Le platine, comme nous l'avons déjà dit, est directement associé à la chalcopyrite et par suite doit se rencontrer dans les mattes relativement riches en cuivre, M. Locke a trouvé que la matte d'Orford contient 0.44 once, par tonne, de métaux du groupe platine, tandis que la matte de la Mond Nickel Company contient 0.4 once de ces métaux par tonne. Ulké signale que le platine et le palladium, en quantités égales font, pris ensemble 0.50 once par tonne et M. L. P. Silver arrive au même résultat.

---

(1) Jour. Can. Min. Inst. Vol. V. 1902, p. 534.
(2) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont. 1900, p. 218.

Nickel et cuivre dans les minerais de Sudbury.

	Nickel.	Cuivre.	Total du nickel et du cuivre.	Auteur.
	%	%	%	
1 Mines Copper Cliff, Evans et Stobie	2·38	6·44	8.82	Can. Copper Co.
1*a* Mine Copper Cliff, moyenne 1890.	3·69	6·24	9·93	"
2 Mine Copper Cliff (minerai mélangé)	4·75	5·69	10 44	"
3 " (minérai de nickel trié)	8·12	0·80	8·92	"
4 " "	9·25	0·51	9·76	"
5 " "	11·00	0·00	11·00	"
6 " (minerai de cuivre trié)	2·74	14·13	16·87	"
7 " "	1·25	23·78	25·03	"
8 Mine Evans (minerai mélangé)	4·00	2·60	6·60	"
8*a* Mine Evans, moyenne 1890	3·62	2·84	6·46	"
9 Mine Evans (minerai de nickel trié)	5·36	0·49	5·85	"
10 " "	9·02	0·00	9·02	"
11 " (minerai de cuivre trié)	1·34	13·86	15·20	"
12 Mine Stobie (minerai mélangé)	2·28	2·21	4·49	"
12*a* Mine Stobie, moyenne 1890.	2·00	1·99	3·99	"
13 Mine Stobie (minerai de nickel trié)	2·75	0 00	2·75	"
14 " "	2·99	0·37	3·36	"
15 " (minerai de cuivre trié)	1·28	15·71	16·99	"
16 " "	0·64	24·23	24·87	"
17 Mine N° 2 (minerai de nickel trié).	4·70	0·38	5·08	"
18 " (minerai de cuivre trié).	1·87	13·76	15·63	"
19 Extension N° 2 (min. de nickel trié)	4·32	0·35	4·67	"
20 Mine N° 3 (Mine Frood) (minerai de nickel trié)	4·85	0·42	5·27	"
21 Mine N° 4	4·33	1·39	5·72	"
22 "	4·15	2·49	6·64	"
23 Mine Creighton	7·03	1 81	8·84	"
24 "	4·87	1·20	6·07	Com. géologique.
25 "	5·31	0·72	6·03	"
26 Mine Victor	3·50	4·50	8·00	Mond Nickel Co.
27 "	3·05	3·05	6·25	"
28 "	2·67	2·81	5·48	"
39 "	3·21	2·41	5·62	"
30 Mine Worthington	3·00	3·00	6·00	C. W. Dickson.
31 " (min. de nickel trié)	17·48	0·00	17 48	T. L. Walker.
32 Mine Blezard (portion métallique..	4·00	2·00	6·00	Dom. Min. Co.
33 Mine Murray	1·50	0·75	2·25	H.H Vivian&Co

EXPLICATIONS.

1. Moyenne de neuf analyses, faites par M.F. L. Sperry sur du minerai brut, pris au hasard en novembre 1888 dans les mines Copper Cliff, Evans et Stobie appartenant à la Canadian Copper. 1*a*. Moyenne du minerai de la mine Copper Ciiff pour l'année 1890. (Rap. ann. Comm. Géol. du Can. Vol V., 1890-91, Partie F.)

Les analyses 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 ont été faites par M. David H. Browne, chimiste de la Canadian Copper Company. (Eng. and Min. Jour. 2 déc. 1893, p. 566).

Analyse 8*a*. Moyenne du minerai de la mine Evans pour l'année 1890 (Rap. ann. Comm. Géol. Can. Vol V, 1890-91, partie F).

Les analyses 4, 7, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26 proviennent du catologue de la section minérale d'Ontario à l'Exposition Pan Americaine de 1901, pages 33 et 35.

Analyse 12*a*. Moyenne de la mine Stobie pour l'année 1890. (Rap ann. Comm. Geol. Can Vol V., 1890-91, Partie F).

L'analyse 30 est le résultat d'un certain nombre d'analyses d'une moyenne d'échantillons et a été faite par M. C. W. Dickson. (Trans. Am. Inst Min. Eng. Assemblée tenue à Albany, fév. 1903).

Les analyses 24 et 25 ont été faites par M. Donald Locke de la Commission Géologique à Ottawa sur des matériaux obtenus à quelques pieds de la surface.

L'analyse 27 est le résultat d'une moyenne d'un grand nombre d'essais sur des échantillons de minerai brut provenant des mines Victoria tel que livré au haut-fourneau et a été faite par M, T. M. Paris, chimiste. La quantité de matières insolubles s'élevait a une moyenne de 16'81 p.c.

L'analyse 28 est la moyenne du minerai brut pour le mois de juillet 1902 et a été faite par M. T. M. Paris, chimiste de la Mond Nickel Company. Matières insolubles 17.2 p.c.

L'analyse 29 est la moyenne du minerai brut pour le mois de septembre 1902 et a été faite par M. T. M. Paris, chimiste de la Mond Nickel Company. Matières insolubles, 13.9 p.c.

L'analyse 31 est le résultat d'une analyse d'une pyrrhotine de la mine Worthington qui contenait beaucoup de pentlandite ; elle a été faite par M. T. L. Walker. (Rap. Ann. Comm. Geol. Can. Col V, 1890-91 Partie SS.)

L'analyse 32, d'après M. George Attwood, directeur de la Dominion Mineral Company est la moyenne des résultats de plusieurs centaines d'essais de " kies " ou de la portion métallique du minerai de la mine Blezard et de l'exploitation courante de la mine sur une grande échelle (Rap. ann Comm. Geol. Can. Vol V., 1890-91, partie F.)

L'analyse 33 est le pourcentage moyen du minerai fondu à la mine Murray d'après M. F. R. W. Daw, administrateur pour MM. H. H. Viviau & Co. Le " kies " ou portion métallique de minerai de la mine Murray contient en moyenne environ 2.75 p.c. de nickel et 1.65 p.c. de cuivre-

NICKEL ET COBALT DANS LES MINERAIS DE LA RÉGION DE SUDBURY.

Emplacement.	Mat.-inso.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en portion mét.	Auteur
	%	%	%	%	%	
1.—Concession O. 7, (côté O. du lac Wanapitei).....	40	Pet. quantité.	2·00	Auc.	3·33	R. A. A. Johnston.
2.—Mine de Boucher. côté N. E. du lac Wanapitei...	25	Présent.	1·57	"	2·09	" "
3.—Township de Neelon, Lot 12, Con. III.. ...	....	Pet. quantité.	3·10	Trace.	3·10	" "
4.-Ligne de démarcation des districts d'Algoma et de Nipissing, 2 milles N. du township de Lumsden.....	.. . .	....	2·70	Auc.	2·70	F. G. Wait.
5.—Township de Lorne, Lot 2, Con. V.....	Petite proportion.	Quantité insignifiante.	1·95	"	...	R. A. A. Johnston.
6.—Township de Lorne	33	Pet. quantité.	1·57	"	2·34	" "
7.—Township de Nairn, Lots 1 et 2, Con. III.....	Petite proportion.	Aucun.	1·95	Trace.	....	" "
8.—Township de Drury, Lot 3, Con. III.....	Quantité insignifiante.	Un peu.	2·01	"	....	" "
9.—Township de Denison, Lot 6, Con. II.....	12·5	Aucun.	1·55	Auc.	1·77	" "
10.—Township de Levack, Lot 7, Con. II...	22	"	2·36	Trace.	3·02	" "
11.—Township de Levack, Lot 7, Con. II.....	Aucun.	"	4·13	Auc.	4·13	" "
12.—Township de Levack, Lot 3, Con. IV.....	18·5	Très petite quantité.	1·96	Trace.	2 40	" "
13.—Mine Ross, R. O. 5. chaîne septentrionale de nickel.....	16·5	Pet. quantité.	2·75	Auc.	3·29	" "

Explication.

1. Association d'une pyrrhotine à grain assez grossier avec une petite quantité de chalcopyrite dans de la diorite.

2. Association intime de chalcopyrite et de pyrrhotine dans une gangue de diorite.

3. Pyrrhotine à grain assez gros avec de petites quantités de chalcopyrite provenant de ce qu'on appelait alors la mine McCormick.

4. Pyrrhotine associée à de petites quantités de diorite foncée.

5. Pyrrhotine avec une quantité insignifiante de chalcopyrite, avec de la diorite.

6. Pyrrhotine avec un peu de chalcopyrite avec de la diorite.

7. Pyrrotine avec une petite proportion de diorite.

8. Pyrrhotine avec un peu de chalcopyrite dans laquelle est disséminée une quantité insignifiante de pâte quartzeuse.

9. Pyrrhotine à grain assez gros dans laquelle est disséminée une petite quantité de quartz.

10. Pyrrhotine à grain assez gros dans laquelle est disséminée une gangue quartzeuse.

11. Pyrrhotine d'un grain très gros débarrassée de gangue.

12. Pyrrhotine à grain assez gros avec une très petite quantité de chalcopyrite associée à de la diorite.

13. Pyrrhotine à gros grain avec une petite quantité de chalcopyrite. La gangue se distingue facilement.

Les analyses de 1 à 13 ont été faites dans le laboratoire de la Commission Géologique par MM. R. A. A. Johnston et F. G. Wait aide du Dr G. C. Hoffman (Rap. Ann. Comm. Geol. Can. Vol. V, 1890-91. Partie R.)

LA PYRRHOTINE DE SUDBURY

La composition de la pyrrhotine, comme on peut en juger par beaucoup d'analyses n'est pas constante et différents chimistes et minéralogues ont fait de nombreux essais pour obtenir une formule satisfaifaisante représentant ce minéral, mais jusqu'à présent ces tentatives n'ont rencontré qu'un succès limité.

On a donc pris l'habitude d'exprimer la composition de la pyrrhotine par la formule $Fe_n S_{n+1}$; les analyses obtenues par Lindström en 1875 et par Habermehl en 1879, indiquant une variation de Fe : S = 1 : 1., (1902) correspondant à $Fe_5 S_6$, à 1 : 1·0610 correspondant à la formule $Fe_{16} S_{17}$. Habermehl, en prenant la moyenne de 14 déterminations dont dix ont été essentiellement identiques a montré que la pyrrhotine de Bodenmais contient 60·57 pour cent de fer, ce qui concorde de près avec la formule $Fe_7 S_8$ dont la composition théorique demanderait 60·40 p. c. de fer. Cette matière a été obtenue par portions séparées successivement au moyen d'un aimant puissant, d'une poudre très fine

tenue en suspension dans l'eau. Doelter a produit par une méthode artificielle un composé ressemblant de très près, si elle n'est pas identique, à la pyrrhotine naturelle et dont l'analyse répond à la formule $Fe_{11}\ S_{12}$.

Les variations dans la composition ont fait croire qu'il se pouvait que la pyrrhotine ne fût pas une espèce distincte dans le sens minéralogique du terme, mais un mélange, en proportions variables de plusieurs composés, peut être intimement alliés. Cette opinion paraissait encore confirmée par la grande marge dans la densité de ce minéral (3.98 à 4.80) aussi bien que par la différence observée dans la possession de certaines propriétés physiques, en particulier, pour ce qui a trait à la sensibilité magnétique. Quelques spécimens dénotent si faiblement cette propriété que l'aimant n'attire que la poudre la plus fine, tandis que d'autres sont si fortement magnétiques qu'ils offrent même le phénomène de la polarité.

L'étude attentive de tous les faits disponibles, donne cependant lieu de croire qu'il est peut-être possible de mieux expliquer par d'autres raisons quelques-unes des différences de composition. Aussi, bien que l'on sache qu'un nombre considérable de ces analyses ont été faites sur des matériaux soigneusement choisis, et en prenant toutes les précautions pour avoir un produit pur et homogène, une très grande partie des déterminations s'appliquent de matériaux impurs et souvent entremêlés. En plus, la méthode suivie pour les analyses n'était pas toujours irréprochable et il s'en est suivi constamment des erreurs dans la détermination, non seulement du cuivre, mais encore du fer. De plus, même si l'on est absolument au courant des méthodes à suivre pour les analyses, il est généralement très difficile, sinon impossible d'obtenir dans tous les cas des matériaux suffisamment homogènes pour servir de base à l'établissement d'une formule absolument sure et représentative. Si nous considérons la pyrrhotine comme un sulfure intermédiaire entre le sulfure normal Fe S et le bisulfure $Fe\ S_2$ il est possible d'obtenir toute une gradation de matériaux dénotant une échelle dans la teneur en fer qui va de 63.61 p.c. à 46·60 p.c. et où le soufre pour correspondre devrait dénoter une augmentation de 36.39 p.c. à 53.40 p.c. Il y a cependant, un grand écart entre $Fe_7\ S_8$ avec 60.40 p.c. de fer et 39·60 p.c. de soufre et $Fe\ S_2$ avec 46.60 p.c. de fer et 53·40 p.c. de soufre. Cependant ces analyses, faites évidemment avec le plus grand soin indiquent une variation dans la formule qui va de $Fe_{11}\ S_{12}$ avec 61.60 p.c. de fer et 38.40 p.c. de soufre à $Fe_7\ S_8$ avec 60.40 p.c. de fer et 39·60 p.c. de soufre. Ces déterminations sont aussi uniformes et aussi exactes qu'on peut s'y attendre avec une matière aussi manifestement impure que la pyrrhotine.

Une analyse sûre et satisfaisante de la pyrrhotine de Sudbury est peut-être d'une difficulté plus qu'ordinaire à obtenir à cause de l'association très intime des divers sulfures de relations très proches. D'abord il était généralement admis que le nickel remplaçait réellement isomorphiquement une quantité équivalente de fer et était par suite un élement constituant essentiel de la pyrrhotine, tandis que c'est maintenant un fait parfaitement constaté que le nickel, pour la plus grande partie, du moins, existe sous forme d'un sulfure de fer et nickel distinct et séparable. Beaucoup de personnes cependant s'en tiennent toujours à l'idée qu'une petite portion du nickel peut exister à l'état de combinaison chimique, cependant cette opinion est bien peu solide si l'on songe qu'en employant à de nombreuses reprises un séparateur magnétique avec des matériaux broyés suffisamment menu, il est possible d'enlever jusqu'à la dernière trace de nickel d'un composé qui contenait primitivement de 2 à 5 p.c. de cet élément, tandis que le sulfure de nickel et fer isolé ou pentlandite est généralement assez pur pour permettre l'analyse. Ce procédé est cependant fastidieux car il faut répéter l'essai bien des fois avant que la pyrrhotine ou la pentlandite soient amenées au degré de pureté désiré.

On trouve aussi d'autres sulfures principalement de la chalcopyrite, mais quelquefois aussi de la pyrite, cette dernière accompagnant presque invariablement la pyrrhotine et tous ces éléments sont tellement entremêlés qu'il faut une mouture très fine et l'aide de l'aimant pour pouvoir effectuer une séparation satisfaisante et complète. Cependant cette dissociation peut s'opérer en même temps que les essais pour l'élimination de la pentlandite tandis que ce dernier minéral, qui est lui-même faiblement magnétique peut, à son tour, être séparé des pyrites de cuivre et de fer qui ne possèdent aucune propriété magnétique sensible. La difficulté principale cependant que l'on a à surmonter dans la purification de la pyrrhotine provient de ce qu'on rencontre presque invariablement une petite quantité de magnétite (Fe_3O_4), ne montant souvent pas à plus de 1 p. c. du tout. M. C. W. Dickson, après de nombreuses expériences, a trouvé qu'en traitant l'échantillon par une solution diluée (10 p. c.) d'acide nitrique, on peut enlever en grande partie la pyrrhotine sans attaquer considérablement la magnétite. Le soufre une fois séparé s'enlève au moyen de brome et de bisulfure de carbone et après plusieurs opérations on obtient lerési du pur de magnétite puis on évalue le fer par titrage. Ce mode d'opérer entraîne, comme l'auteur le fait remarquer, la possibilité de quelques pertes, surtout parce que la magnétite est en quantité relativement petite, mais en somme, cette méthode remplit assez bien son objet.

La majorité des analyses a indiqué que la pyrrhotine peut être représentée par la formule $Fe_8 S_9$, tandis que deux ou trois autres ont donné $Fe_7 S_8$ et $Fe_9 S_{10}$. La première de ces formules peut être considérée comme celle qui s'applique avec le plus de probabilité à la pyrrhotine de la région de Sudbury, Il signale aussi ce fait intéressant que l'essai d'un échantillon provenant de Rossland C.-A. a montré qu'il était représenté par la même formule ($Fe_8 S_9$).

La pyrrhotine est toujours massive et amorphe avec toutes les variations de texture allant du grain fin au grain grossier ; les espèces les plus grossières laissant voir des clivages bien marqués dans deux directions. Comme l'on peut en juger en se reportant aux analyses la croyance populaire que les espèces cristallines grossières sont relativement plus pauvres en nickel que celles dont le grain est plus fin n'a que peu ou point de fondement. Les bons cristaux sont extrêmement rares et bien que l'on trouve quelquefois des fragments qui sont généralement bornés par des facettes de cristal, ces plans sont souvent le résultat direct du clivage. Le seul cristal authentique peut-être de pyrrhotine a été obtenu par M. G. R. Mickle d'un homme qui travraillait à la mine de Worthington. M. Mickel le décrit comme suit : " Le cristal est évidemment un prisme hexagonal dénotant un clivage de base très net ; deux des côtés subsistent et il reste des portions de deux autres. Les dimensions sont $1\frac{5}{10}$ de pouce ou 32 mm, par $\frac{1}{2}$ pouce ou 13 mm. ; le poids est 27.4 grains et une analyse d'un très petit morceau du cristal a donné 2·3 p. c. de nickel."

La couleur de la pyrrhotine est gris d'acier brillant dans les cassures fraiches, prenant rapidement sous l'action de l'air un jaune bronze foncé qui cependant se ternit vite et devient irisé.

CHALCOPYRITE.

Tout le cuivre contenu dans le minerai s'obtient de la chalcopyrite, sulfure commun de fer et de cuivre, ($Cu\ Fe\ S_2$, soufre 35·0 p.c. cuivre 34·5 p.c., fer 30·5 p.c. = 100·0). Elle est toujours massive avec la couleur ordinaire de cuivre foncé ou jaune. Ce minerai est généralement très exposé à se ternir et l'on peut trouver de beaux spécimens iridescents dans les tas de minerai, ou épars autour des usines. La composition du minerai varie considérablement, comme on peut en juger par les analyses et suivant la prépondérance soit de la pyrrhotine, soit de la chalcopyrite, le produit du fourneau qui en résulte ou la matte est proportionnellement plus riche ou plus pauvre en nickel ou en cuivre. Les mines de la Canadian Copper Company comme l'indique leur nom ont d'abord été exploitées pour le cuivre qu'elles contenaient et ce

n'est qu'après une longue exploitation qu'on s'est aperçu que le minerai contenait du nickel. Un grand envoi de minerai avait été fait à New York et un chimiste qui faisait là une analyse volumétrique du contenu en cuivre, par le procédé au cyanure de potassium, fut frappé des grandes variations dans ses résultats ce qui l'amena à faire un examen beaucoup plus précis du minerai et il constata alors la présence de nickel. Le minerai devenait alors beaucoup plus précieux pour son contenu en nickel que pour le cuivre et d'ailleurs, du Dr Peters, lui-même, avait de graves doutes que la mine pût être rémunératrice si elle était exploitée pour le cuivre seulement.

NICKEL ET COBALT DANS LES PYRRHOTINES DE SUDBURY.

Emplacement.	Insol.	Cu.	Ni.	Co.	S.	Fer.	Ni. dans la pyrrhotine pure.
	%	%	%	%	%	%	
1. Mine Elsie (a)	2·00	Trace.	2·40	0·06	.....	....	2·46
2. " (b)	3·45	"	2·35	0·05	.....	....	2·44
3. Mine Stobie (a)	1·50	"	3·00	0·08	.....	.....	3·05
4. " (b)	4·00	"	2·05	0·05	.....	.....	2·15
5. Mine n° 3 (a)	0·40	"	2·35	0·05	...	...	2·40
6. " " (b)	5·00	"	2·34	0·06	...	.....	2·48
7. Mount Nickel	2·20	"	3·00	0·07	.....	....	3·06
8. Copper Cliff Mine N° 4 (a)	1·10	"	3·24	0·06	.....	.....	3·30
9. Copper Cliff Mine N° 2 (b)	5·00	"	3·70	0·08	.....	.....	4·00
10. Copper Cliff Mine N° 5 (c)	0·50	"	3·47	0·08	.....	....	3·50
11. Mine Creighton (a)	3·25	"	3·84	0·10	.....	.....	4·00
12. " (b)	0·50	"	2·26	0·06	.....	....	2·32
13. Mine Gertrude (a)	5·00	"	3·83	0·11	.....	.....	4·05
14. " (b)	6·00	"	3·61	0.09	...	....	4·00
15. Mine Victoria (a)	0·50	"	3·36	0·07	.....	....	3·40
16. " (b)	0·40	"	3·14	0·08	...	.....	3·20
16*a*. " (b)	3·00	4·50	3·50	....	32·00	55·00	.....
17. Township de Levack	3·20	Trace.	2·80	.....	.....	.....	2·88
18. " Wisner	4·10	"	2·22	.....	.....	.....	2·32
19. Mine Creighton (a)	2·28	0·72	5·31	.....	34·28	.....	.....
20. " (b)	2·49	1·20	4·87	.....	34·62	.....	.....
21. Copper Cliff (7e niveau) (a)	.....	0·00	11·00	.....	38·01	50·40	11·00
22. Copper Cliff (7e niveau) (b)	.....	0·00	4·62	.....	38·58	55·70	4·62
23. Mine Stobie (a)	.....	0·00	2·75	.....	35·35	58·00	2·75
24. " (b)	.....	0·00	2·15	...	36·10	57·00	2·15
25. Mine Evans (a)	.....	Trace.	9·02	.....	39·28	51·50	9·02
26. " (b)	....	0·00	3·82	...	40·18	56·00	3·82
27. Mine Copper Cliff	7·75	Trace.	3·40	0·175	.....	.....	Co=0·2, Ni 3·98
28. Mine Cryderman	2·96	"	4·46	0·174	.....	.....	Co=0·18, Ni 4·6
29. Mine Cochrane	11·10	0·10	3·52	0·146	.....	...	Co=0·16, Ni 3·90
30. Mine Little Stobie	2·70	Trace.	4·06	0·165	.....	.....	Co=0·17, Ni 4·17

EXPLICATIONS.

Les analyses de 1-18, sauf 16a, ont été faites par M. C. W. Dickson, (Trans. Amer. Inst. Min. Eng., Réunion d'Albany, fév. 1903) en double et même en triple pour s'assurer avec la plus grande exactitude possible de la moyenne du contenu en nickel et cobalt de la pyrrhotine courante dans toute la région. La pyrrhotine a été broyée en gros morceaux et le minéral a été choisi à la main aussi pur que possible, en employant même le microscope quand c'était nécessaire. Avec les espèces massives on obtint facilement de bons échantillons, mais dans d'autres cas, la pyrrhotine était si intimement mêlée à la chalcopyrite et à la roche qu'il était très difficile d'obtenir des échantillons satisfaisants, un peu de roche adhérant toujours aux sulfures. Les résultats obtenus indiquent que la proportion est assez constante sur une zone considérable. La pyrrhotine comprend à la fois du grain fin et du grain grossier. Dans le cas des espèces à grain grossier, où l'on peut souvent reconnaître le minéral du nickel, la pentlandite celle-ci fut rejetée autant que possible avec soin. Mais la difficulté d'opérer la séparation est cause que, quelques-unes de ces espèces décèlent moins de nickel que celles dont le grain est plus fin, bien qu'elles soient généralement considérablement plus riches. Si les échantillons à gros grain avaient été traités dans leur condition primitive, les résultats auraient été beaucoup plus uniformes. Ces analyses indiquent donc le nickel qui est le plus intimement associé à la pyrrhotine et qui ne se présente pas comme parcelles de pentlandite.

1. Pyrrhotine grossière avec une petite quantité de pyrrhotine et de roche ; 2. Pyrrhotine à grain fin compact avec une petite quantité de roche ; 3. Pyrrhotine massive à grain fin ; 4. Pyrrhotine et chalcopyrite dans de la diorite ; 5. Pyrrhotine grossière, pure ; 6. Pyrrhotine à grain fin ; 7. Pyrrhotine massive ; 8. Pyrrhotine grossière ; 9. Pyrrhotine à grain fin, massive ; 10. Pyrrhotine à grain fin, massive ; 11. Pyrrhotine à grain fin, massive ; 12. Pyrrhotine grossière ; 13. Pyrrhotine massive ; 14. Pyrrhotine massive ; 15. Pyrrhotine à grain fin, massive ; 16. Plus grossière que le n° 15 mais avec plus de chalcopyrite ; 16a Analyse de minerai par la Mond Nickel Company ; 17 Pyrrhotine massive (mine Tough et Stobie) ; 18. Pyrrhotine massive grossière de la Zône Septentrionale du nickel ; 19 et 20 sont des analyses par M. Donald Locke. Les analyses de 20 à 26 incluses, ont été faites sur des minerais choisis en vue d'enrichissement magnétique, par M. David H. Browne. Les analyses de 27 à 30 incluses ont été faites par M. F. Connor de la Commission Géologique et proviennent

de minerai choisi à la main aussi dénué que possible de chalcopyrite et de gangue. Tous ces échantillons étaient de la pyrrhotine à grain moyen, sauf celle de la mine Little Stobie qui était une espèce très grossière à clivage.

MODE DE PRÉSENTATION DES GISEMENTS DE NICKEL DE SUDBURY

La majorité au moins des géologues qui ont examiné en détail ces gisements sont d'accord que ce ne sont pas de vrais filons de fissure et bien que l'on trouve parfois certaines surfaces en pente, paraissant avoir une déclivité générale et limiter la répartition du minerai dans leur direction, cependant il paraît certain que ce ne sont pas des murs réguliers, dans l'acceptation minière du terme et des deux côtés du gisement, la roche encaissante est plus ou moins imprégnée de matières pyritiques. Quoiques l'extraction soit, de la sorte rendue assez difficile et incertaine à cause de l'absence de murs et de l'irrégularité dans la distribution du minerai, ce qui fait que l'on a pas beaucoup d'indication sur la direction à donner pour la conduite des niveaux, cette incertitude est cependant plus que compensée habituellement par l'étendue et la massivité des gisements quand on les trouve.

Les gites de minerai sont irréguliers, d'un contour oval ou en forme de cosse et ils ont tous une disposition commune à avoir leur axe le plus long fortement parallèle à la direction du feuilletage des roches qui les contiennent. La forme et les dimensions des gîtes de minerai de l'International Nickel Company à Copper Cliff sont exactement indiquées sur les cartes à grande échelle qui accompagnent ce rapport. Il y a trois types principaux de ces gisements dans la région minière de Sudbury :

1. Ceux qui se trouvent à la lisière méridionale de l'immense gîte de gabbro à hypersthène ou norite qui va sans interruption du township de Drury à celui de Garson. Dans cette division, sont comprises les mines Gertrude, Creighton, North Star, Tam O'Shanter, Lady Violet, Elsie, Murray, Cameron, Little Stobie, Mount Nickel, Blezard, Beatrice, Kirkwood et Cryderman.

2. Ceux qui se produisent avec les rejetons ou espèces de dykes de la norite, s'étendant vers le sud en partant du massif principal et qui pénétrent dans les roches anciennes presque à angle droit avec les plans de feuillage et avec la stratification. Cette division comprendrait les mines comme celles de Victoria, Clarabelle (n° 6), N° 4, Lady Macdonald, (N° 5) et N° 2 et les prolongements de la mine N° 2.

3. Ceux qui sont associés avec des gîtes de norite plus petits et actuellement complètement isolés. Ces massifs séparés de l'éruptive

nickelifère, sont au point de vue de la composition minéralogique de la texture et de l'attitude si intimement identiques à l'éruptive qui leur est parente, qu'ils s'y raccordent probablement d'une façon quelconque, à une certains distance en dessous de la surface.

Le N° 1 de la Copper Cliff primitive et ses agrandissements, les mines Evans, Frood (N° 3) et Stobie sont des exemples de cette dernière catégorie mentionnée.

Les gisements de la première division citée, sont tous situés au contact immédiat entre ce massif énorme et les roches anciennes où il pénètre. Le caractère irruptif de ce contact est bien indiqué, l'imprégnation des anciens schistes verts consistant pour la plus grande partie en petites espèces de dykes ou filons de matières de sulfure injectés le long des plans de schistosité, tandis que, d'un autre côté, la ligne de démarcation entre le gîte de minerai et la norite est encore plus incertain, les matériaux de sulfure s'effaçant graduellement jusqu'à n'être plus représentés que par des dispersions fortuites. Au nord-ouest cette roche basique décèle une différenciation graduelle ou un passage au type particulier et caractéristique de granite gneissique que l'on qualifie généralement de "micropegmatite". Sur la bande de Levack, ou zône Médiane (éruptive du lac des Vents) les conditions sont entièrement renversées et l'on trouve les gisements à la lisière nord-ouest de la norite tandis que son produit séparé, la micropegmatite est au sud-est. Le même état de chose existe sur la zone Septentrionale du nickel où la norite vient en contact avec les granites et les schistes verts anciens sur le côté nord, tandis que la micropegmatite supporte toute l'étendue au sud.

Les mines Worthington et Vermillon sont les seuls gisements qui aient été exploités et n'ont aucune relation avec le massif de norite déjà cité. Comme on l'a vu antérieurement, la mine de Worthington se trouve sur un col étroit de diorite à actinolite, qui est sans aucun doute le représentant décomposé de la norite ancienne. Au sud-ouest et à l'est, cette norite est reliée directement avec un beaucoup plus grand massif de matériaux basiques éruptifs. D'après les renseignements obtenus, on ne trouve aucun grand gisement de minerai à la mine Vermillon et la petite quantité de norite qu'on a trouvée ressemble très intimement à l'espèce décomposée de l'ancien type de cette roche.

Des monticules arrondis de roche décomposée dénotant l'existence de minerai plus ou moins pur et intact en dessous s'étendent presque sans solution de continuité, pendant des milles le long de la ligne de rencontre, tandis que les plus grandes portions des rejetons et massifs isolés,

auxquels sont associés les gîtes de minerai, sont aussi d'une couleur brunâtre prédominante provenant de la décomposition des sulfures disséminés en abondance. Ce gossan ou chapeau provient, comme d'ordinaire, de l'altération de la pyrrhotine et de la chalcopyrite et de la formation d'oxyde de fer hydraté qui donne aux portions supérieures des gisements la couleur brunâtre prédominante. Cette couche d'oxyde de fer a quelquefois jusqu'à six pieds d'épaisseur bien que généralement elle n'ait que deux ou trois pieds et se noie ensuite dans le minerai intact du dessous. La profondeur à laquelle s'étend ce chapeau dépend beaucoup naturellement de la durée du temps pendant lequel les gisements ont été à découvert et soumis à l'action de l'air. Quelquefois, lorsque la forêt verte et le sol qui le surmonte ont été enlevés récemment, le chapeau décèle peu ou point d'oxyde de fer, tandis que dans d'autres cas, comme à la mine Murray, où il subit l'action de l'air depuis des années, on voit une couche considérable de ce produit caractéristique de décomposition. De la mine Elsie, dans la direction nord-est, en dépassant la mine Murray jusqu'à la ligne frontière entre les townships de McKim et de Blezard, on trouve une bande considérable d'une roche, immédiatement à la lisière de la norite, tellement chargée de sulfures que son affleurement soumis à l'action de l'air est couvert du chapeau. A l'ancienne mine de Copper Cliff, comme à la mine de Creighton, le chapeau sus-jacent est très répandu et fortement marqué.

Dans la plupart des cas, ces gîtes de minerai sont de la nature de la brèche avec de gros bloc anguleux ou partiellement arrondis, composés de roche presque stérile, mélangés avec le minerai. Quelques-uns de ces "chevalets" comme on les appelle, sont composés de matériaux dérivés de la roche de mur, contre laquelle s'est refroidie la matière pyritique. Leur présence dans ce cas, est sans doute due à l'éclatement de la formation envahie à son point de contact avec le magmaplutonique. De fait, ils démontrent sur une petite échelle le phénomène de "gradins renversés" si bien décrit et expliqué par le Dr R. A. Daly. (1) Dans d'autres cas, cependant, ces matières relativement stériles sont composées de norite, mais ces inclusions ne sont pas souvent nettement distinctes du sulfure ; les affleurements dénotent une transition graduelle de l'une à l'autre, tandis que les blocs eux-mêmes sont plus ou moins abondamment imprégnés du sulfure prédominant.

Dans aucune mine des gisements du type en lisière, les excavations n'ont atteint une grande profondeur. Le plus profond des puits se trouve à la mine Blezard et atteint seulement 172 pieds tandis que

(1) Amr. Jour. Sc. Vol. XVI, 1903, p. 108.

ceux des mines Murray et Gertrude descendent à 160 et 120 pieds respectivement. D'un autre côté les forages au perforateur diamanté entrepris à la mine Creighton ont, dit-on, prouvé l'existence de ce phénoménalement grand gite de minerai de nickel à une profondeur d'au moins 400 pieds. Ce gisement merveilleux de pyrrhotine a été exploité principalement au moyen d'un grand puits à ciel ouvert mesurant 150 pieds par 200 et s'étendant à une profondeur de 62 pieds. Tous ces gisements ont un plongement vers le nord et le nord-ouest à un angle allant de 30° à 70°.

Parmi les mines appartenant au second groupe, les deux plus importantes de celles exploitées le long des rejetons sont la mine Victoria et la mine N° 2 de l'International Nickel Co. à Copper Cliff. La mine Victoria de la Mond Nickel Company avec sept niveaux et des rampes étendues a atteint une profondeur de 557 pieds. La mine N° 2 a fourni une grande quantité de minerai, elle est exploitée pour la plus grande partie au moyen d'un grand puits à ciel ouvert, mesurant 250 pieds de longueur par 100 à 150 pieds de largeur et avec une profondeur de 217 pieds.

La fameuse mine primitive de Copper Cliff a souvent été désignée comme une cheminée de minerai, ayant une largeur moyenne de 50 à 100 pieds en coupe par le travers le puits, tandis que perpendiculairement à cette direction, sa largeur varie de 30 à 110 pieds. Le premier puits ou vieux puits, en grande partie abandonné maintenant, sauf pour l'assèchement a été foncé jusqu'à une profondeur de plus de 500 pieds sur une inclinaison de 40°, tandis que le puits N° 2 ou puits nouveau destiné à le remplacer part du troisième niveau à une distance de 150 pieds de la surface et continue à un angle de 77° 30′ ou, à peu près parallèlement au gîte de minerai, jusqu'au 14e niveau (profondeur de 1,058 pieds).

Le gîte de minerai de la mine Stobie exploitée pour un petit massif de norite isolé présente une inclinaison de 65° et quoique les excavations aient atteint seulement une profondeur verticale de 250 pieds, elle a rendu une plus forte quantité de minerai qu'aucune autre mine de la région, ; soit : 415,000 tonnes.

ORIGINE DES GISEMENTS DE MINERAI

La façon dont ces massifs de sulfure, d'une dimension absolument anormale ont atteint leur position et leurs dimensions actuelles a fourni depuis même le premier jour de leur découverte un sujet fructueux de discussion et de conjectures. Deux théories seulement, avec

quelques modifications peu importantes ont heureusement été mises de l'avant pour expliquer leur formation. On peut les résumer comme suit :

1. Que les sulfures sont directement d'origine ignée, des produits de différenciation d'un magma de gabbro ou de norite, se séparant le long de sa lisière conformément au principe de Soret, l'ordre de formation des minéraux étant conforme à la série de Fournet.

2. Que ces gisements sont tout à fait d'origine secondaire et aqueuse se présentant en remplacement le long de zones broyées et soumises à des failles.

Les partisans extrémistes de chacune de ces théories, cherchent à ne tenir aucun compte de la part que l'autre peut avoir jouée dans la formation de ces gisements tels qu'ils existent à présent. Ainsi ceux qui ont prétendu au début que ces minerais sont le produit immédiat d'une séparation de magma omettent de signaler ou au moins de développer la possibilité que ces gisements aient été influencés d'une façon quelconque par la présence de ces solutions échauffées qui accompagnent dans une certaine mesure et en tous cas suivent immédiatement toutes les actions plutoniques. D'un autre côté, ceux qui considèrent les gisements comme étant d'origine secondaire pour tâcher d'expliquer la source de ces métaux, admettent bien " que l'association universelle de ces minerais avec des roches essentiellement similaires est également frappante " et encore " que la norite (ou le gabbro) dénote avec le développement des minerais un rapport intime que l'on en peut pas mettre en doute, mais dont on ne connaît pas la nature," mais, en même temps, ils annulent l'effet que pourrait produire ce renseignement en déclarant que " il faut invoquer une source plus éloignée pour les métaux, probablement disséminés d'une façon menue dans les roches par lesquelles les solutions de dépôt ont passé." (1)

L'auteur du présent rapport a été l'un des premiers à affirmer l'origine ignée directe de ces minerais de Sudbury ; exprimant alors, indépendemment, des idées absolument semblabes à celles qui étaient à la même époque exposées avec beaucoup plus de détails, par le professeur J. H. L. Vogt, de Christiania, Norvège. Nous nous rendons parfaitement compte que, dans la première tentative faite pour fixer définitivement la responsabilité de cette existence extraordinaires, on a peut-être trop insisté sur l'idée de différenciation du magma, en la jugeant capable d'expliquer par elle seule convenablement tout le phénomène dont on était témoin. L'excuse en est que l'application de cette doctrine aux gisements de minerai était une innovation complète et qu'il était au

(1) Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Réunion d'Albany, fév. 1903.

début nécessaire d'insister fortement pour en imposer l'admission comme facteur important, et antérieurement négligé, du développement des gisements de minerai. Une examen plus récent et plus détaillé des différents gîtes de minerai, a montré que si la première hypothèse d'une ségrégation de ces sulfures, directement, du magma est, en somme la vraie explication de leur présente position, d'autres agents, qui sont généralement groupés sous la désignation d'action secondaire, ont contribué d'une façon très considérable à leur dimensions extraordinaires.

Comme le fait remarquer le professeur Kemp (1) "les progrès de l'expérience nous confirment dans l'idée d'attribuer la source originelle du minerai aux roches ignées dont la contenance en métaux largement répartie bien que faible relativement à leur masse, sauf le fer qui est toujours abondant, fait croire qu'elles ont du primitivement approvisionner toute la lixivation Nous sommes encore enclins à leur attribuer cette source parce que, sans aucun doute, en dernière analyse, toutes les autres roches doivent leur être attribuées ; parce qu'elles sont en liaison si intime avec le minerai tel qu'il est extrait ; et par-dessus tout parce qu'elles sont le stimulant naturel de ces solutions chauffées auxquelles, nous pouvons le plus raisonnablement attribuer les résultats existants."

A présent, les magmas fusés sont regardés comme des solutions plus ou moins complexes,qui, en raison de leur haute température, obéissent dans leur ordre et leur méthode de solidification aux lois qui régissent la cristallisation des solutions ordinaires d'une composition pareillement hétérogène. L'étude des plaques minces des roches ignées, examinées au microscope révèle le fait qu'il règne toujours dans la génération des éléments constituants, un certain ordre déterminé qui s'observe de près dans le refroidissement de tous les massifs de magma. Ainsi dans un magma de gabbro ou de norite, les oxydes de fer et de titanium, les sulfures de fer, de nickel et de cuivre, le zircon et l'apathite sont les premiers à se cristalliser. Ils sont suivis par les silicates ferromagnésiens, l'olivine, l'hypersthène, la biotite et le diallage. Le plagioclase peut précéder, accompagner ou suivre immédiatement la cristallisation de l'un ou plus des constituants colorés, cela dépend de sa basicité, tandis que le quartz est invariablement le dernier à se former, remplissant tous les interstices irréguliers qui restent. Une des lois principales qui gouvernent la cristallisation d'une solution ou d'un magma igné est connue sous la nom de principe de Soret et dit que la matière dissoute se concentre dans la partie la plus froide de la solu-

(1) Min. Industry, Vol. IV., 1895, pp. 756-757.

tion. La densité, la température et la pression sont aussi des facteurs importants, mais ils n'ont pas été étudiés à fond.

Un des développements les plus significatifs peut-être de la géologie pétrographique moderne a été la découverte du fait qu'une masse fondue primitivement homogène tend à se séparer ou à se fendre au refroidissement de façon à produire finalement des roches de composition variable. Ce fait qui a une portée si profonde sur la génèse des roches ignées, a amené à formuler l'hypothèse de la différenciation magmatique. Cette hypothèse consiste en somme à admettre la possibilité de la division ou différenciation d'un magma plus ou moins visqueux ou d'un massif de roches fondues en parties chimiquement et minéralogiquement différentes qui, en se refroidissant, donnent des espèces de roches respectivement différentes. Il serait évidemment imprudent à cet égard d'entrer dans une explication détaillée de cette hypothèse très généralement admise, car les conditions qui entourent la consolidation d'un massif de magma de quelque importance sont maintenant considérées beaucoup plus complexes qu'on ne le croyait d'abord. De plus, nos notions quant à ces conditions et aux différentes évolutions qu'elles comportent sont tellement vagues et incomplètes qu'on n'a pas encore pu expliquer ce phénomène d'une façon satisfaisante. Tous les géologues de renom sont cependant d'accord sur ce point essentiel que la différenciation magmatique, fournit la seule explication raisonnable de la plupart des observations faites sur un affleurement de quelque dimension de roches ignées.

Si l'on applique ces principes aux relations géologiques du gabbro ou norite de Sudbury et des gisements de sulfures associés, les faits réunis ci-après semblent fournir une preuve irréfutable que l'hypothèse d'une ségrégation de ces gisements de minerai, s'opérant directement dans le magma, est en somme la vraie explication de leur position.

1. Les gisements se présentent tous, sans exception, à la lisière du grabbo ou de la norite, la roche elle-même en association immédiate avec le minerai, est d'une texture plus fine et d'une composition relativement beaucoup plus basique que les portions plus éloignées du contact. Il y a une augmentation très graduelle dans la basicité du gabbro en sortant de la micropegmatite, bien qu'une transition assez brusque ait lieu dans le voisinage immédiat du contact. Les sulfures sont aussi plus finement grenus près du contact, tandis que, plus loin, le grain devient plus grossier. (1)

2. Les sulfures sont toujours beaucoup plus nettement dessinés contre les murs de l'irruption que du côté intérieur donnant vers le massif

(1) Quart. Jour. Geol. Soc., Lon. Vol. LIII, 1897, p. 52.

principal du gabbro, la transition dans cette direction dénote une décroissance plus graduelle dans la quantité de minerai existant dans la roche, en quittant les contacts. Ce phénomène, comme on l'a signalé s'explique par le fait que les sulfures, en conformité avec le principe de Soret, se concentrent vers la surface refroidissante de la masse.

3. Ces gisements se trouvent toujours en association tellement intime avec la norite ou gabbro à hypersthène que nous sommes forcés d'envenir à la conclusion que les gîtes de minerai ont quelque relation génésique avec cette roche ignée plutonique. Ceci n'est pas seulement vrai pour la région de Sudbury mais c'est aussi l'association invariable de gisements précisement similaires en Norvège, Suède, Lombardie et Pennsylvanie. L'importance de l'étude géologique des gisements de minerai, est accentuée par ce fait signalé par M. Adams (1) que si, dans ces pays séparés par des distances énormes, les gisements de pyrrhotine, associés aux gabbros de la façon indiquée, sont si riches en nickel, d'un autre côté, les fameux Fahlbands de Norvège, qui sont des gisements stratifiés ou apparemment stratifiés, consistant en puissantes imprégnations de pyrrhotine, de pyrite, de chalcopyrite, etc. mais se trouvant dans les gneiss et des schistes de différente espèce, ne contiennent presque pas de nickel ; des centaines d'analyses montrent que leur contenu de nickel et de cobalt va de 0.1 à 0.5 p.c. Ce qui est encore plus remarquable, c'est que la même chose est vraie des Fahlbands analogues associées à notre Laurentien du Canada, autant qu'on a pu les examiner. Dans ce cas, la pyrrhotine et la pyrite existent en grande quantité et sont associées souvent aux pyrites de cuivre, mais on ne trouve dans les matériaux de sulfure purs qu'une très petite quantité de nickel allant de traces vagues à 0.16 p.c. De plus, la pyrrhotine, la chalcopyrite et la pyrite se trouvent quelquefois en quantités qui promettent dans les schistes verts anciens et les tufs de la région de Sudbury, mais même les plus riches de ces gisements n'ont donné à l'analyse qu'une beaucoup plus petite quantité de nickel, allant de 0.45 à 0.96 p.c. dans la pyrrhotine pure.

4. La pyrrhotine, la chalcopyrite et la pyrite sont, toutes, les mineraux constituants ordinaires de la norite normale et sont quelquefois relativement abondantes dans les affleurements situés à quelque distance du contact. On peut facilement se procurer à n'importe quelle mine des échantillons qui laissent voir toutes les gradations dans la quantité de sulfure existant dans la roche, depuis l'espèce ordinaire de norite, avec des grains de matière pyriteuse disséminés au hasard, jusqu'à ce

(1) "On the igneous origin of Certain Ore Deposits," Montreal, 1894, p. 17 ; e Rap. Ann. Comm. Geol. Can. Vol. VI., 1892-93, Part J.

que Vogt appelle le "gabbro ou norite à pyrrhotine" avec de 5 à 50 p. c. ou même 80 p.c. de pyrrhotine, tandis que des portions de quelques une des gisements sont formées de pyrrhotine et de chalcopyrite pratiquement pures avec peu ou pas de gangue.

5. Les sulfures sont indubitéblement d'origine primaire et sont parmi les premiers minéraux à se cristalliser du magma original, précédant même quelquefois le minerai de fer dans lequel ils sont occasionnellement contenus. On les trouve d'une façon se rapprochant beaucoup du minerai de fer, enclavés ou dans le voisinage immédiat des principaux éléments constituant colorés De fait, les grains isolés ne peuvent être distingués les uns des autres par leur couleur qu'à la lumière réfléchie. Cette association intime avec le minerai de fer, se constate non seulement dans la norite normale, mais encore dans les gîtes de minerai eux-mêmes, spécialement ceux de la zone Septentrionale qui contient presque invariablement de la magnétite titanée souvent en quantités appréciables. On rencontre quelquefois, dans l'exploitation des mines des massifs considérables de magnétite, pesant jusqu'à plusieurs tonnes, complètement encaissés dans des matières de sulfure, tandis que le minerai de fer lui-même contient des grains dispersés de pyrite, en plus de certaines silicates décomposés appartenant à la norite. Les relations qui existent entre les sulfures et la norite, sont analogues aux gisements de magnétite que l'on trouve avec certaines roches ignées du centre d'Ontario. Dans ces gisements, la magnétite est le minerai abondant tandis que les sulfures existent habituellement en quantité secondaire. La roche encaissante, dénote généralement plus d'altération que dans le cas de la norite associée aux gisements de sulfure de Sudbury.

6. Le type transitoire entre la norite normale et les espèces plus riches de la norite à pyrrhotine fournit une preuve indiscutable que dans ces cas, du moins, les sulfures se sont formés pendant le refroidissement et la cristallisation du magma de norite et qu'ils ont peu subi d'action secondaire. Les seuls effets d'action pneumatolithique ou filonienne que l'on constatera consistent dans l'altération plus ou moins complète des minéraux de pyroxène, tandis qu'une grande partie du plagioclase est extraordinairement fraîche et vitreuse. Quoique la matière rocheuse associée à ces gîtes de minerai soit plus ou moins décomposée, l'altération n'a pas été poussée à l'extrême comme on aurait pu s'y attendre si tout le gisement résultait d'une action secondaire. L'auteur possède une collection de roches où se trouvent des spécimens de norite à pyrrhotine contenant quelquefois jusqu'à 10 p.c. de sulfures, extraits de la plupart des mines principales ; elles sont tellement dénuées d'altération qu'elles permettent d'établir avec précision l'identité des

pyroxènes orthorhombiques et monoclinohédriques. Les roches dans le voisinage immédiat des gîtes de minerai ne sont donc pas comme on les décrit généralement tellement composées de minéraux secondaires que leur texture et leur composition originelles en soient complètement voilées ; mais au contraire, des représentants les moins décomposés de la norite s'obtiennent facilement à toutes les mines ou dans leur voisinage immédiat.

7. Fournet a indiqué, que le soufre, quand il est dissous dans un magma de silicates en fusion, montre une affinité pour les métaux dans l'ordre suivant : cuivre, nickel, cobalt, fer, étain, zinc, plomb, argent, antimoine et arsenic. La petite proportion de cuivre, nickel et cobalt existant dans le magma primitif s'unit au soufre et devient ainsi concentrée dans tout sulfure de fer existant qui se sépare ; tandis que l'étain, le zinc, le plomb, l'argent, l'antimoine et l'arsenic, existant dans le magma ne se concentrent pas de cette façon.

8. Vogt (1) signale qne si l'on répartissait la totalité de la teneur métallique des gîsements de minerai dans leurs roches mères en Norwège, celles-ci donneraient les pourcentages suivants : nickel, 0.03 p.c. à 0.12 p.c. ; cobalt, 0·005 p.c. à 0·017 p.c. et cuivre 0·015 p.c. à 0.05 p.c. On n'a pas essayé de calculer ces pourcentages pour la région de Sudbury, mais ces résultats sont à peu près ceux auxquels on peut s'attendre d'après ce que nous connaissons de la teneur en nickel, en général, des silicates basiques des roches.

9. Une des objections que l'on a souvent soulevées contre l'idée du développement direct de ces gîsements d'un état de fusion ignée, réside dans l'impossibilité d'obtenir des concentrations aussi considérables et relativement pures de sulfures. M. David Browne (2) a démontré par de nombreuses analyses et des graphiques que, dans un pot de matte, le nickel tend à se concentrer vers le centre tandis que le cuivre est beaucoup plus riche aux bords extérieurs. C'est exactement ce que l'on constate dans l'exploitation " Ces observations, dit le Prof. Kemp, sont excessivement importantes en ce qu'elles démontrent la migration de la matière métallique dans une masse aussi visqueuse et se refroidissant aussi rapidement que le fait un pot de matte."

10. Vogt croit que les magmas éruptifs peuvent tenir en dissolution des quantités même considérables de sulfures et appuie cette croyance sur le fait que les scories basiques de haut-fourneau contiennent généralement de 3 à 5 p.c. de sulfures, spécialement du CaS et MnS ; de

(1) Min. Industry, Vol IV, 1896, p. 748.

(2) School of Mines Quarterly, Columbia College, juillet 1895, p. 297 ; et Min. Ind. Vol IV., 1895, p. 762.

même, les scories ferrifères basiques provenant de la fusion du cuivre, du nickel et du plomb, peuvent contenir de 4 à 6 p.c. FeS et les scories basique de zinc, jusqu'à 6 et 8 p.c. de ZnS. Sandberger a séparé les silicates foncés de beaucoup de roches et a prouvé qu'ils contiennent du cuivre, du nickel, du cobalt, du plomb, de l'étain, de l'antimoine, de l'arsenic, du bismuth et de l'argent.

11. La galène, la blende de zinc et les composés d'arsenic et de bismuth font absolument défaut ou existent en quantités insignifiantes.

12. La rareté de minéraux boraciques et fluoriques et d'autres produits secondaires qui accompagnent habituellement toute action filoneuse prononcée ou prolongée est remarquable.

13. Le quartz secondaire, le calcite et la dolomie se présentent quelquefois en quantités mesurables, mais la rareté prédominante de ces minéraux dans la plupart des gisements a toujours été très remarquée. Le premier de ces minéraux a dû souvent être apporté de distances considérables non seulement pour tapisser les convertisseurs, mais encore pour ajouter à la charge des fourneaux, même à des mines comme celles de Victoria où le quartz secondaire est plus abondant peut être relativement que dans aucun autre gisement de la région.

14. On trouve généralement du moins dans tous ces gisements du platine en petite quantité sous forme de sperrylite. La présence de ce minéral paraît avoir une relation intime avec celles des métaux natifs de platine et d'osmiridium dans l'olivine basique décomposée des Ourals et ailleurs.

15. Les gisements sont singulièrement similaires au point de vue de la composition chimique et minéralogique et l'on a souvent discuté la monotonie de leur nature à ce point de vue. Une étude attentive des analyses accentuera encore ce fait. Cette particularité persiste, non seulement pour les gisements de Sudbury, mais existe, avec non moins de force, dans ceux de Norvège et d'ailleurs, où l'on peut se procurer des détails complets de la composition. Les minéraux caractéristiques de ce groupe " mondial " comme on l'a appelé sont partout les mêmes. On trouve toujours dans la norite ou gabbro de la pyrrhotine avec généralement de 2 à 4 p.c. de nickel et cobalt, quoiqu'elle atteigne parfois jusqu'à 10 à 11 p.c. de nickel ; on trouve aussi de la pyrite (en Norvège, relativement riche en cobalt), de la pentlandite avec un peu de chalcopyrite. Les minéraux de nickel, polydymite, millérite, etc., se encontrant aussi quelquefois, mais en quantités très secondaires.

16. L'existence de brèches, qui caractérise si fréquemment ces gisements est un des traits presque constants des contacts éruptifs et résulte du détachement de matières des murs encaissants. La nature fréquem

ment anguleuse de ces blocs est due à leur assimilation imparfaite au sein du magma basique fondu d'où ils sont sortis par flottaison.

Voilà quelques arguments principaux qui peuvent être invoqués à l'appui de l'hypothèse de la différenciation magnétique pour expliquer l'origine de ces gisements de Sudbury. Beaucoup ne sont pas des arguments nouveaux et ont été exposés d'une façon plus détaillée par Vogt, Adams, Kemp et d'autres. Nous les signalons dans cette étude parce quelques-uns des examens les plus récents tendent à omettre le sens complet des relations génétiques intimes qui existent entre la norite et les gîtes de minerai et à affirmer que les causes secondaires, ou le remplacement, sont seules et directement responsables de la position et des dimensions actuelles de ces gisements.

Vogt (1) dans sa classification des gisements de minerai éruptifs les divise en deux groupes principaux : 1. Gisements formés par "différenciation magmatique"; c'est-à-dire par concentration de quelques parties métalliques à l'intérieur du magma éruptif encore fluide. 2. Gisements formés par des évolutions subséquentes à l'éruption ou "post-actions" comme on les a quelquefois appelées ; c'est-à-dire par pneumatolyse, fumeroles, agents hydrothermiques et autres, résultant directement de l'éruption.

La tendance des investigations géologiques modernes semble être d'accentuer de plus en plus le fait qu'il n'existe pas de division réellement aussi nette que l'indiquent les subdivisions de Vogt, mais que les évolutions, qui interprétées à l'extrême, d'un côté comme de l'autre, ont évidemment des effets très différents, sont si intimement associées, en durée, en nature et en procédé, que le produit résultant ne peut pas avec justesse être attribué entièrement à l'un ou l'autre des groupes d'actions.

Ainsi, bien que les recherches de M. Fouqué et de Michel Lévy aient démontré clairement que le diabase et les roches éruptives basiques parentes puissent être reproduites artificiellement d'un simple état de fusion sèche, il est également certain qu'aucune action intrusive importante produite par des causes naturelles ne manque jamais d'être accompagnées d'une abondance plus ou moins forte d'eaux et de vapeurs surchauffées formant partie intégrale de la masse fondue. En règle générale, ces solutions chauffées sont relativement beaucoup plus abondantes dans le cas des magmas acides que dans celui des compositions plus basiques. Il est donc évident que l'action ignée est accompagnée et, encore plus, suivie immédiatement par d'une action filoneuse ou pneu-

(1) Zeit für Prak. Géol. 1893, pp. 4-11 ; 125-143 ; 237-284 et 1895, pp. 145-156 ; 367-370 ; 444-459 ; 465-484.

matolythique (causes secondaires) plus ou moins prononcée et l'existence de certaines roches ou minéraux peut représenter les diverses transitions entre ce qu'on a appelé la fusion aquo-ignée et la fusion igno-aqueuse. La quantité anormale de quartz originel ou primaire, si uniformément répartie dans la norite ou le gabbro de Sudbury, a été souvent citée et discutée par les divers géologues qui ont examiné ces roches en détail au microscope. Il s'ensuivrait naturellement que les agents groupés sous le nom d'action secondaire auraient un effet beaucoup plus actif sur les gîtes de minerais et autres ségrégations résultant de l'éruption d'une telle roche que sur les espèces généralement moins quartzeuses et moins basiques de ces roches. Le mode de formation de ces gîtes de minerais ainsi indiqué est plus compliqué qu'on ne le supposait d'abord. Il n'y a aucun doute cependant que beaucoup des matières de sulfures ont été introduites simultanément comme portion intégrale du même magma avec d'autres minéraux dont sont composés la norite et le grabbro à hypersthène. Il n'y a de plus aucun doute qu'il existait en abondance des solutions et vapeurs chauffées capables de faire sortir par dissolution et dans certains cas de redeposer ces sulfures. Ces agents ont certainement commencé à agir avant le refroidissement de tout le magma, apportant leur lourde charge de matériaux de sulfure dont la plus grande partie provenait du magma du voisinage immédiat, pour leur faire occuper les diverses cavités et fissures à mesure qu'elles se formaient. Toute cette action s'est virtuellement achevée avant l'éruption des dykes postérieurs de diabase à olivine que l'auteur considère maintenant comme le produit final du volcanisme auquel les massifs de norite doivent leur irruption. Dans certains de ces gisements, les divers agents hydro-chimiques qui accompagnent l'action dynamique ont été plus actifs que dans d'autres, comme à la mine Victoria et dans quelques-unes des mines de Copper Cliff ; mais dans d'autres, comme par exemple à la mine Creighton, la différenciation magmatique a été l'agent principal et presque le seul qui ait déterminé et aidé le développement de cette mine de nickel la plus grande et la plus riche du monde entier. L'énonciation au début de la doctrine toute simple de l'origine ignée de ces gîtes de minerai et de leur relation intime à cet égard avec certaines bandes de norite et de diorite a eu un excellent résultat pratique en ce qu'elle a inspiré et dirigé tous les premiers travaux d'exploration.

Après tout, cependant, l'origine de ces gisements de minerai est encore en grande partie matière d'opinion et de théorie et l'on peut donner des arguments très forts à l'appui de l'idée, qu'ils résultent directement d'une ségrégation magmatique et que les sulfures ont été

amenés à l'état de solution, de profondeurs considérables pour remplacer certaines portions de la roche ou pour combler les espaces provenant de faiblesses de structure. Le côté réellement pratique de l'enquête géologique a consisté à tracer les contours des immenses massifs de norite ou gabbro irruptifs auxquels seuls les gisements du nickel et de cuivre de cette région sont associés.

SÉPARATION MAGNÉTIQUE DE LA PYRRHOTINE NICKELIFÈRE

L'application du magnétisme, soit pour débarrasser la pyrrhotine des impuretés qui y sont si fréquemment mêlées, afin d'obtenir un produit homogène et pur, pour les analyses, soit pour effectuer une séparation du nickel existant dans les minerais de pyrrhothine, n'est pas une idée nouvelle et beaucoup d'expériences avaient été déjà tentées à cette fin. En 1879, Habermehl réussit à diviser la pyrrhotine de Bodenmais, en parties respectivement magnétiques et non magnétiques au moyen d'un fort aimant agissant sur la matière finement pulvérisée et tenue en suspension dans l'eau. La portion magnétique ainsi séparée fournit à la suite d'essais successifs un produit tellement homogène et uniforme que sur quatorze déterminations de la teneur en fer, dix résultats furent essentiellement identiques.

En 1890, M. T. J. McTighe (1) appliqua la séparation magnétique au traitement de la pyrrhotine nickelifère du Canada.

En juillet 1982, M. Thomas A. Edison, en faisant au Bureau des Brevets des Etats-Unis une demande pour un brevet comportant le même principe donne l'explication suivante de sa demande : " J'ai découvert que quand le pyrite magnétique appelée " pyrrhotine " est nickelifère, ce qui est habituellement le cas plus ou moins, le nickel est généralement réparti dans toute la masse de la pyrrhotine mais certains cristaux sont de la pyrrhotine pure ou des pyrites magnétiques, tandis que dans d'autres cristaux, certaines portions de fer sont remplacées par du nickel et quelquefois par du cobalt et que les cristaux contenant le nickel ou cobalt sont beaucoup moins magnétiques que la pyrrhotine pure.

La même année (1892) le Dr S. H. Emmons (2) exécuta certaines expériences magnétiques sur des matériaux provenant de la mine Gap en Pennsylvanie et de Sudbury, Ont. Elles furent entreprises, non seulement pour s'assurer de l'exactitude ou de la justesse de la

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1892, p. 164 ; et Jour. Am. Chem. Soc., Vol. XIV.. No 10.

(2) Ann. Rap. Bur. de Mines Ont. 1892, pp. 163-167 ; et Jour. Am. Chem. Soc. Vol. XIV,, No 10.

théorie du remplacement d'une portion de fer dans la pyrrhotine par le nickel mais aussi pour arriver à l'expression plus exacte de la composition de la pyrrhotine au moyen d'une formule. Le côté pratique de la question ne fut pas omis et un état fut dressé de l'abondance relative des portions séparées avec leur teneur respective en nickel.

Le Dr Emmons signale qu'il a obtenu ses matériaux d'une mine près de Sudbury, mais il n'indique pas d'une façon précise en quel endroit. Il néglige aussi de donner les détails nécessaires quant à la composition du minerai choisi, et se contente de dire que la gangue formait 10·7 p. c. du tout. Quant à la préparation des matériaux en vue de la séparation, il indique que l'échantillon avait été réduite en poudre très fine et soigneusement séparée, au moyen d'un aimant, en trois catégories : " magnétiques " " faiblement magnétiques " et " non magnétique." Les catégories magnétiques et non magnétiques ont été soumises à une analyse qui a donné les résultats suivants, déduction faite de la pâte.

Magnétique	Analyse.	Faiblement magnétique.	Non Magnétique.	Analyse.	Division de la teneur totale en nickel.		
					Portion. magnétiq.	Faiblem. magnétiq.	Non magnétiq.
92·95%	Ni 1·30 Fe 58·27 S 40·43	2·09%	4·96%	23·16 33·92 42·92	58·01%	7·60%	34·39%

Peu de temps après (1893), M. David H. Browne (1) a fourni l'article le plus précieux qui ait encore paru sur la question de la séparation magnétique de ces minerais, indiquant l'existence d'un riche sulfure nickel et fer, presque identique, comme composition chimique, à la pentlandite et qui forme la portion non magnétique de la séparation. Dans ce même article, M. Browne ne se contente pas de révoquer en doute la validité des conclusions du Dr Emmons qu'il qualifie " de généralisations hâtives découlant de prémisses insuffisantes ", mais il signale " qu'il n'a pas encore trouvé le résidu non magnétique de l'analyse dont parle le Dr. Emmons."

Les matériaux choisis pour l'expérience par M. Browne consistaient en pyrrhotine nickelifère soigneusement triée à la main provenant des mines Copper Cliff, Stobie et Evans entièrement vierges de pâte, et sans cuivre, ou du moins avec des traces seulement de ce métal. Il signale que les échantillons ont été broyés de façon à passer par un tamis

(1) Eng. and Min. Jour., Dec. 2, 1893, p. 566.

de 60 mailles, les expériences ayant démontré qu'une poudre fine ne donnait pas de résultats aussi parfaits. Le tableau suivant indique brièvement les résultats obtenus :

MINE DE COPPER CLIFF, (SEPTIÈME NIVEAU.) MINERAI DE NICKEL TRIÉ.

Analyse du minerai total.	Magnétique.	Analyse.	Non magnétique.	Analyse.	Nickel dans la pyrrhotine magnétique.	Nickel dans la pentlandite non-magnétique.
Cu..... 0·00 Ni.....11·00 Fe.....50·40 S.....38·01	78·6%	0·00 4·62 55·70 38·58	21·4%	0·00 35·05 29·80 34·35	34·00%	66·00%
MINE DE STOBIE, MINERAI DE NICKEL TRIÉ.						
Cu..... 0·00 Ni..... 2·75 Fe.....58·00 S.....35·35	97·175%	0·00 2·15 57·00 36·10	2·825%	0·00 34·70 29·90 33·90	72·00%	28·00%
MINE EVANS, MINERAI DE NICKEL TRIÉ.						
Cu.....trace Ni..... 9·02 Fe.....51·50 S.....39·28	84·04%	0·00 3·82 56·00 40·18	15·96%	0·00 34·12 29·95 35·43	35·47%	64·53%

En 1900, M. J. N. Judson, de la Wetherill Separating Company, exécuta une série d'expériences prolongées dont les résultats sont résumés dans l'étude de M. C. W. Dickson sur " Les gisements de minerai de Sudbury, Ontario ". (1) Les matériaux sur lesquels ont porté les expériences consistaient en pyrrhotine presque pure de Copper Cliff contenant à l'analyse : nickel, 3·14 ; cuivre, 0·42 ; fer, 49·78 pour cent. Les résultats ont démontré qu'avec un courant de la force d'un ampère, sur des matériaux broyés à 30 mailles, 90·11 pour cent de l'échantillon total était magnétique et contenait 2·46 pour cent de nickel ou l'équivalent de 70·58 pour cent de nickel total dans la pyrrhotine primitive, et 0·22 pour cent de cuivre, ou l'équivalent de 47·48 pour cent de la quantité totale de ce métal dans l'échantillon primitif. La portion non magnétique restant, formant 9·89 pour cent de l'échantillon total,

(1) Trans. Amer. Inst. Min. Eng. (Albany Meeting, 1903).

contenait 9·33 pour cent de nickel et 2·21 pour cent de cuivre ou 29·42 pour cent et 52·52 pour cent du total de ces métaux respectivement dans l'échantillon primitif. Les autres essais avec des échantillons des mêmes matériaux broyés pour passer par un tamis de 60 mailles, à $\frac{1}{4}$ d'ampère, ont montré que 86·22 pour cent était magnétique et contenait 1·92 pour cent de nickel. Les 13·78 pour cent restant ou la portion non magnétique était du minerai de nickel de teneur relativement haute ; mais les déperditions dans la portion magnétique étaient si grandes que M. Judson en conclut qu'il ne pouvait pas être question, au point de vue commercial, d'opérer la séparation au moyen du magnétisme.

Pendant les sessions d'hiver de 1901-1902 et 1903, M. W. Dickson, étudiant diplomé de l'Université Columbia, a exécuté une série d'expériences, au moyen du magnétisme, pour déterminer avec plus de précision possible, combien de nickel existe à l'état de minéral séparé et combien, si le fait existe, remplace du fer, et aussi pour déterminer la composition du minéral de nickel.

Un grand nombre d'échantillons significatifs de pyrrhotine ont été broyés de façon à passer par un tamis de 100 mailles et la portion non magnétique a été enlevée aussi complètement que possible au moyen d'un petit aimant en fer à cheval. Le nickel existant dans les échantillons primitifs est donné à la colonne I, et celui des concentrés magnétiques à la colonne II.

Dans la seconde expérience, les échantillons primitifs ont été grossièrement broyés et la portion magnétique triée entre 40 et 60 mailles, puis débarrassée autant que possible des matières non magnétiques, broyée ensuite entre 60 et 80 mailles et encore concentrée. Par épreuves successives, le minéral a été finalement réduit en poudre fine. Le dernier produit a été finalement soumis à l'essai en vue de déterminer le nickel et, comme on peut le voir à la colonne III, la quantité de nickel était très réduite, mais il n'était pas complètement éliminé.

Dans la troisième expérience un certain nombre d'échantillons ont été préparés avec soin pour voir si l'on ne pourrait pas encore réduire la teneur en nickel. Ils furent broyés grossièrement et l'on choisit le minéral le plus pur.

Celui-ci fut broyé pour passer par un tamis de 10 mailles sur 20 et les matières les plus fines furent rejetées Toute la portion non magnétique fut éliminée et le concentré fut alors broyé pour passer au tamis de 20 mailles sur 40, les parties les plus fines étant encore laissées de côté. Les opérations furent répétées jusqu'à ce qu'enfin le minerai fût broyé dans un mortier d'agate, la partie non magnétique étant soigneusement

enlevée chaque fois. Le nickel dans le concentré final est donné à la colonne IV.

Emplacement.	I. Ni & Co	II. Ni.	III. Ni.	IV. Ni.	Description de l'échantillon.
1. Mine Elsie.....	2·44	2·22	0·98	.. .	Pyrrhotine à grain fin.
2. Mine Stobie.....	3·05	2·14	0·68	....	" " "
3. Mine Frood	2·40	2·07	1·05	0·65	" " grossier.
4. Mine Mount Nickel .	3·06	2·14	0·75	0·70	" " moyen.
5. Mine Copper Cliff N° 2....	4·00	2·00	0·70	.....	" " grossier.
6. Mine Copper Cliff N° 4....	3·30	2·32	0·83	.....	" " "
7. (a) Mine Creighton.....	2·32	2·25	1·20	0·70	" " "
7. (b) Mine Creighton..	4·15	.....	.. ..	0·45	" " fin.
8. Mine Gertrude.....	4·00	2·30	1·10	....	" massive.
9. Mine Victoria.....	3·40	2·46	0·80	.....	" à grain fin.

Comme l'a dit M. Dickson, ces résultats indiquent de la façon la plus concluante que, même dans la pyrrhotine de faible teneur, le nickel n'existe pas comme remplaçant du fer dans la pyrrhotine mais existe comme minéral séparé. Le fait que le nickel ne peut pas être totalement éliminé au moyen des méthodes employées n'indique pas que même la petite quantité qui subsiste est une partie essentielle de la pyrrhotine, parce qu'il y a en jeu certains facteurs qui rendent l'élimination totale impossible pratiquement. D'abord le minéral du nickel est intimement associé à la pyrrhotine magnétique et le moindre fragment de celle ci qui adhère l'entraîne avec la portion magnétique. Il faut remarquer aussi que le mineral de nickel, lui-même est légèrement magnétique et sous forme de poudre fine se laisse attirer par un aimant même petit.

Les expériences magnétiques ayant trait au présent ouvrage ont été exécutées par M. W. M. Ogilvie, B.A. Sc., au moyen d'un séparateur magnétique Wetherill du modèle ordinaire, dans le laboratoire des mines de l'Université McGill ; les autorités sur la recommandation et avec l'approbation du Dr J. B. Porter ayant gracieusement mis la machine à la disposition de l'auteur pour une durée considérable, pendant l'hiver de 1901-1902. Les échantillons consistaient dans les minerais les plus riches employés dans les différentes mines. Ces échantillons provenaient des mines Creighton, Victoria, Cryderman et Mount Nickel, des concessions Tough et Stobie dans le township de Levack, et de la mine Cochrane près du lac Bleu, dans la zone Septentrionale de nickel. Il est à regretter que les analyses chimiques n'aient pas pu se faire en même temps que les expériences, car l'on aurait pu obtenir des résultats bien plus importants. Le voltage du courant

employé était de 110 et la force du courant était modifiée d'après la perméabilité magnétique des différents échantillons. Le moins magnétique des matériaux provenait de la mine Creighton et on a employé sur ces matériaux un courant allant jusqu'à 15 ampères, tandis que la pyrrhotine de la mine Cochrane, dans la zone Septentrionale du nickel était tellement magnétique qu'on a employé un courant beaucoup plus faible, le plus fort atteignant seulement 1·5 ampère.

Pour la mine Creighton, l'échantillon primitif pesant 36 livres a été divisé en deux produits, d'après les dimensions du grain fourni au broyage. Le premier produit était obtenu en passant le minéral réduit en poudre par un tamis de 40 mailles et en le recevant sur un tamis de 100 mailles, cette partie pesait 21 livres. Le second produit, pesant 15 livres, étant composé des matières plus fines, qui passaient par le tamis de 100 mailles. Dans sa phase la plus grossière, l'échantillon a donne l'analyse suivante : matières insolubles, 2·28 ; cuivre, 0·72 ; nickel, 5·31, et soufre 34·28 pour cent. La composition de la matière plus fine était : matières insolubles, 2·49 ; cuivre, 1·20 ; nickel, 4·87, et soufre, 34·67. Chacun de ces deux échantillons primitifs fut divisé en trois portions égales et soumis à des courants magnétiques de 1·5, 3·8 et 15 ampères respectivement. Au moyen du courant magnétique, chacune de ces trois portions fut encore subdivisée en trois catégories que l'on peut classer ainsi : "magnétique", "faiblement magnétique", "non magnétique". Les matières les plus grossières ont montré que la portion magnétique varie de 86·3 à 90·2 pour cent de l'échantillon total, avec une déperdition de 2·4 à 9·7 pour cent à la manipulation, déperdition à laquelle il pourrait cependant être obvié ; d'un autre côté, la portion faiblement magnétique contenait 4·2 à 8·6 pour cent, et la portion non-magnétique de 1·3 à 2·7 pour cent. Dans les matériaux plus fins, les portions magnétiques variaient de 74·6 à 78·3 pour cent ; les faiblement magnétiques, de 2·3 à 10·9 pour cent, tandis que la portion non magnétique variait de 4·1 à 8 pour cent. La déperdition pour les matériaux fins était considérable à cause de la poussière qui adhérait aux courroies, cette perte variant de 9·2 à 11·4 pour cent. Les essais sur tous les produits séparés de la mine Creighton ont été exécutés par M. Donald Locke qui, pendant un court espace de temps, a été attaché à cette Commission comme essayeur et métallurgiste ; mais certaines variations inexplicables dans les résultats empêchent pour le moment de publier tous les détails de cette investigation chimique. Il suffit cependant à cet égard d'indiquer que l'on a toujours obtenu un minerai de nickel très riche dont la plus grande partie était contenue dans la portion non magnétique bien qu'une

petite proportion ait été entraînée dans les rebuts ou portion non magnétique. La déperdition cependant dans la portion magnétique, qui s'élevait de 40 à plus de 50 pour cent du nickel total existant dans le minerai primitif était trop sérieuse pour être négligée. En plus du nickel présent, la partie métallique contenait aussi de 28 à 48 pour cent du montant total de cuivre existant dans le minerai primitif et le reste était entraîné avec une grande proportion de la pâte dans le résidu non-magnétique qui est en réalité un concentré de cuivre très riche dont quelques-uns des essais donnent jusqu'à 28·38 pour cent de ce métal. La proportion de pâte dans le résidu non-magnétique s'élève généralement au tiers du produit total.

La meilleure séparation s'opère sur la matière fine, bien qu'il faille éviter la présence de poussière qui s'attache aux courroies et empêche le fonctionnement de l'appareil. Plus le courant est fort, plus il reste de nickel dans la portion magnétique et en même temps, bien que la quantité de nickel existant dans les portions faiblement ou non magnétiques soit moindre, la valeur de ces produits à l'essai est beaucoup plus élevée et quelques-uns de ceux-ci, examinés en détail consistaient presque entièrement en pentlandite, avec de la chalcopyrite entremêlée. Ainsi, le produit faiblement magnétiques des matière fines, obtenu en employant un courant de 3·9 ampères après un essai seulement a donné à l'analyse la composition suivante : matières insolubles, 5·81 ; cuivre, 1·52 ; fer, 30·41 ; nickel, 30·01 ; soufre, 33·56 pour cent, Comme nons connaissons la composition de la pentlandite et celle de la chalcopyrite, en distribuant les éléments qui précèdent dans la proportion propre à ces minéraux, nous trouvons que le produit en question consiste en chalcopyrite et pentlandite dans la proportion de 1 : 21. De la même façon le produit non magnétique obtenu en employant un courant de 1·5 ampères sur cette matière fine dont la plus grande partie de la gangue avait été enlevée au moyen de la séparation hydraulique, a donné à l'analyse la composition suivante : matières insolubles 2·66 ; cuivre, 3·58 ; fer, 30·01 ; nickel, 30·36, et soufre 33·77 pour cent. Ce produit est composé de chalcopyrite et de pentlandite dans la proportion 1 : 7.

Dans la séparation du minerai de la mine Victoria, le minerai était beaucoup plus fortement magnétique et les courants employés n'étaient que de 0·2 et 1·5 ampère. La portion magnétique variait entre 86·4 et 90·6 pour cent dans la matière plus grossière, tandis que dans la matière fine, en employant un courant de 0·2 et 1·2 ampère, la partie magnétique variait de 71·4 à 86·7 pour cent. La partie magnétique n'a jamais dépassé 2·1 pour cent et dans un cas, même elle est des-

cendue à 0·5 pour cent. On n'a cependant pas fait d'essais de cette matière, parce que les résultats obtenus pour la mine de Creighton ont démontré clairement qu'en dehors du grand intérêt scientifique et pratique qu'elle présente, la séparation économique et commerciale de ces minerais est hors de question.

Le minerai de la mine de Cryderman est aussi plus magnétique que celui de la mine de Creighton bien qu'il le soit moins que celui de Victoria. L'échantillon original sur lequel s'est faite l'expérience pesait 30 livres. Il fut divisé en deux portions d'après les dimensions, l'une consistant en minerai broyé qui passait par un tamis de 40 mailles et était reçu sur un tamis de cent mailles et l'autre, en une matière plus fine consistant en ce qui passait par le tamis de cent mailles. Le courant employé avait une force de 0·2 1·5 et 4 ampères respectivement. La portion magnétique du produit le plus grossier variait entre 75 et 85 pour cent, la portion faiblement magnétique entre 2 et 7·7 pour cent et la portion non magnétique entre 1·9 et 2·3 pour cent. Il n'y avait pas de déperdition en employant le courant de 0·2 et 1·5 ampères, mais avec le courant de 4 ampères, elle était de 4·8 pour cent. Avec la matière plus fine, la partie magnétique variait de 65·6 à 71·8 pour cent mais la déperdition de 10·9 pour cent signalée provient surtout de la première des deux quantités mentionnées. La partie faiblement magnétique variait entre 1·6 pour cent, et 17·2 pour cent, cette dernière étant obtenu avec un courant de 4 ampères, et la portion non-magnétique allait de 6·3 à 28·1 pour cent.

La séparation magnétique du minerai de la mine de la Montagne de Nickel *(Nickel Mountain mine)* a été effectuée avec des courants ayant une puissance de 1·5, 3·8 et 13·5 ampères respectivement. Le produit original pesait 63 livres. La portion magnétique du produit le plus grossier (passant par un 40 mailles sur un tamis de 100 mailles) variait de 91.2 à 92.5 pour cent avec des déperditions de 0·9 et 2·5 pour cent respectivement ; la portion faiblement magnétique allait de 4.1 à 4·44 pour cent et la portion non-magnétique, de 1·2 à 3·8 pour cent. Les déperditions variaient de 4 à 5 pour cent et doivent être attribuées au fait que la matière fine a une grande tendance à s'attacher aux courroies. Toutes les courroies de retour reçurent leur maximum de velocité pour effectuer la meilleure séparation passible.

L'échantillon original des mines de Levack (Tough et Stobie) pesant 24 livres fut broyé de la même façon que les précédents et les courants magnétiques employés avaient respectivement une puissance de 0·2, 1·5 et 3·8 ampères. La portion magnétique variait de 92·5 à 96·3 pour cent avec des déperditions provenant principalement de cette dernière

partie de 1·9 à 2·5 pour cent, la portion faiblement magnétique allant de 1·3 à 3·8 pour cent et la portion non-magnétique de 1·3 à 2·5 pour cent. Avec le produit fin, la portion magnétique variait de 91.6 à 93·8 avec une déperdition dans un cas de 1·9 pour cent, pour la portion faiblement magnétique de 1·1 à 2·1 pour cent, et pour la non-magnétique de 5·2 à 6·3 pour cent.

La pyrrhotine de la mine Cochrane sur la zone Septentrionale du nickel, est très fortement magnétique et le courant employé avait une puissance de 0·2 et 1·5 ampère. La portion magnétique du produit le plus grossier variait de 85·3 à 89 pour cent avec une déperdition de 1·4 à 2·8 pour cent, la portion faiblement magnétique de 1 à 4·8 pour cent, et la non-magnétique de 4·8 à 10·9 pour cent. Avec la matière plus fine, la portion magnétique variait de 77·7 à 8·3, la faiblement magnétique de 0·8 à 4·1 pour cent et la non-magnétique de 15·2 à 18·2 pour cent.

Les différents facteurs qui entrent dans la construction du séparateur magnétique de Wetherill ont donné au début l'idée qu'il serait possible avec son emploi d'opérer sur une base commerciale une séparation qui serait en même temps plus approfondie et plus complète qu'aucun des essais antérieurs faits à l'aide d'aimants à la main de différents genres. Ainsi, on peut, avec cette machine, non seulement changer à volonté le pouvoir du courant magnétique, mais encore à ajuster à son gré la distance des deux aimants tout en dirigeant en même temps la rapidité de révolution des courroies. Avec ces perfectionnements ou cette assistance pour la séparation, on espérait opérer une séparation si complète des produits, que le nickel existant dans la portion magnétique constituerait une tellement minime proportion de la masse que ce produit n'aurait plus aucune valeur commerciale et que, par une opération simple on se débarrasserait de 80 pour cent de minerai virtuellement stérile. En même temps on pensait que les portions faiblement ou non-magnétiques contiendraient, de beaucoup, la plus grande proportion du nickel et du cuivre.

Les essais préliminaires du minerai de la mine de Creighton et les essais des produits séparés causèrent un grand désappointement car ils montrèrent d'une façon très concluante qu'il était impossible d'opérer de cette façon une séparation efficace et économique. On ne jugea donc pas à propos d'analyser les produits d'autres mines bien que nous ayons mentionné les faits principaux qui ressortent des séparations opérées.

A peu près à la même époque, M. C. W. Dickson, publia les résultats de ses expériences magnétiques qui appuyèrent encore ces conclu-

sions. Les publications finales de M. Dickson à ce sujet, qui ont paru en 1903 contenaient aussi un sommaire des résultats obtenus par M. J. N. Judson, dont nous avons déjà parlé et qui tendent tous à démontrer que l'extraction du nickel de la pyrrhotine, sur une échelle commerciale, au moyen des procédés magnétiques est, dans l'état actuel de l'expérience acquise, une impossibilité. D'un autre côté le fait qu'on ne peut pas éliminer tout le nickel de la pyrrhotine ne prouve pas que la portion qui reste, existe à l'état de remplacement d'une quantité équivalente de fer dans la combinaison chimique. L'examen au microscope démontre que même les plus petits grains de matières de sulfures sont souvent composés d'entrelacements de chalcopyrite et de pyrrhotine mélangées, minéraux qui peuvent de plus être discernés les uns des autres au moyen de la refraction. Une relation aussi intime, existe indubitablement pour la pyrrhotine et la pentlandite bien qu'elle ne puisse pas être prouvée parce que les minéraux ne peuvent pas être reconnus les uns des autres au microscope. De plus, une grande proportion du moins de la pentlandite est, elle-même, faiblement magnétique et apte à rester avec la pyrrhotine.

La difficulté d'obtenir un produit absolument pur, même avec des minéraux d'une perméabilité magnétique excessivement différente, est bien connue de tous ceux qui ont fait des expériences de séparation magnétique ; il n'est donc pas surprenant que la portion magnétique du sulfure séparé contienne toujours une quantité appréciable de nickel. L'expérience acquise démontre qu'on peut en toute sûreté dire que le nickel est indubitablement présent sous forme de grains très menus de pentlandite incrustés ou adhérant aux grains de pyrrhotine. Le fait que les matières contenant primitivement 5·31 pour cent de nickel, avec l'application d'un courant de 1·5 ampères sur des morceaux broyés pour passer seulement par un tamis de 40 mailles, peuvent, en une seule opération, être séparées en un produit magnétique qui contient moins de 1·48 pour cent de nickel, et que ce produit, ensuite, par mouture et traitement magnétique successifs, peut facilement être amené à donner un produit qui contient moins de 0.50 p.c. de nickel prouve suffisamment que tout le nickel de ces minerais de Sudbury doit être regardé comme se présentant sous forme d'un sulfure distinct qui est principalement de la pentlantite. En face des résultats qui précèdent, nous pouvons fort bien songer à répéter avec Dickson : " Existe-t-il réellement une vraie pyrrhotine nickelifère ?" et nous pourrions même étendre la question et demander s'il existe une vraie pyrite nickelifère ? La question reste ouverte, mais en l'état actuel, le fardeau de la preuve retombe sur les chimistes et les minéralogistes qui restent ancrés dans

l'ancienne idée. On pourrait obtenir une preuve plus convaincante en exécutant de nombreux essais magnétiques sur les massifs de pyrrhotine qui existent dans le centre d'Ontario que l'on sait contenir de 0·05 à 0·23 pour cent de nickel. Un enrichissement quelconque du produit faiblement ou non-magnétique obtenu par la séparation de cette matière fournirait certainement une preuve des plus convaincantes, que les plus sceptiques eux-mêmes seraient tenus d'accepter.

LOCALISATION DES GISEMENTS DE PYRRHOTINE AU MOYEN DE MESURAGES MAGNÉTOMÉTRIQUES.

La perméabilité magnétique de la pyrrhotine a donné, de bonne heure, l'idée d'employer des instruments magnétiqnes pour déterminer l'emplacement de gisements précieux de ce sulfure nickelifère dans la région de Sudbury. Cependant les premiers mesurages opérés ont été faits au moyen de la boussole d'inclinaison ordinaire et les opérateurs se sont contenté d'obtenir les renseignements qui leur permettaient de de juger en gros de l'étendue approximative supportée par les roches contenant plus ou moins de pyrrhotine magnétique, bien que ce minéral pût être assez épars pour n'avoir pas de valeur industrielle.

En 1901, cependant, la Mond Nickel Company décida d'inaugurer un système plus complet et plus précis de relevés magnétiques, non seulement pour examiner les propriétés qu'elle avait déjà achetées, mais aussi pour déterminer la valeur probable d'autres mines de nickel que l'on savait être en vente. On comprit que des instruments délicats comme le magnétomètre Thalen-Tiberg, aux mains d'experts habitués aux méthodes suédoises, fourniraient des renseignements sur l'emplacement et l'étendue des gisements exploitables de pyrrhotine qui permettraient de se faire une idée assez exacte de leur valeur commerciale. Au commencement de l'été de 1901, MM. Karl Köjer et Erik Nyström ingénieurs des mines de Stockholm, Suède, et élèves du fameux professeur Nordenström furent engagés. M. Köjer resta environ un mois, mais M. Nyström fut employé pendant la plus grande partie des campagnes de 1901 et 1902 à faire des relevés magnétiques détaillés de divers emplacements miniers et des mines de la région. La plupart des lots avoisinants le puits principal de la mine Victoria furent examinés avec soin et plus tard d'autres mines, comme celles de Murray, Lady Violet, Mount Nickel, Béatrice et Cryderman, firent l'objet des mêmes études. Un relevé magnétique fut aussi fait de la mine Cochrane dans la zone Septentrionale du nickel. Il est impossible d'obtenir les détails de ces travaux, car les cartes préparées avec

le plus grand soin sont la propriété de la Mond Nickel Company et considérées comme étant d'une nature confidentielle.

Ces travaux s'ils sont exécutés consciencieusement ont une valeur indiscutable, cependant ils exigent plus de soin et plus de frais que pour la magnétite. En gros, la perméabilité magnétique de la magnétite est environ cinq fois plus grande que celle de la pyrrhotine bien que ce minéral présente de grandes variations à cet égard. Il est donc très important que les lignes suivant lesquelles se font les observations magnétiques, soient rapprochées en conséquence. Dans la plus grande partie du travail de détail entrepris par la Mond Nickel Company, ces lignes étaient séparées par des intervalles de 20 pieds seulement, tandis que dans quelques cas spéciaux, où des renseignements plus précis étaient désirés, il n'y avait qu'une distance de 10 pieds entre les divers postes d'observations. Pendant quelque temps, à partir de 1902, M. Thomas A. Edison a exécuté des relevés magnétiques assez considérables dans la zone, entre Sudbury et le lac Wanapitei en vue de découvrir de nouveaux gisements de nickel. Les efforts de certaines personnes employées à ce travail paraissent avoir eu un certain succès car c'est en s'appuyant sur les renseignements fournis que plusieurs concessions minières ont été demandées. MM. J. A. Robert et G. F. Kay, ont aussi opéré des relevés magnétiques sous les auspices de la Lake Superior Power Company. La publication du rapport du Dr Haanel (1) " Sur la localisation et l'examen des gisements de minerais magnétiques au moyen de Mensurages Magnétométriques " devrait stimuler cette méthode de recherches, non seulement à l'égard de ces gisements de pyrrhotine mais aussi en ce qui regarde nos gisements de fer magnétique. C'est le seul exposé détaillé de la méthode suédoise qui ait encore paru en langue anglaise. A l'exception des lectures magnétiques faites surtout pour aider à porter sur la carte géologique les formations du fer et les roches associées de la région du lac Supérieur et qui ont été fournies par le professeur H. L. Smyth (2), on n'a employé les instruments magnétiques sur une grande échelle dans aucun autre pays que la Suède. On peut se procurer des instruments suédois chez M. J. F. Berg, fabricant d'instruments à Stockholm, ce sont les plus parfaits et les plus convenables pour cet ouvrage qui aient encore été manufacturés. Toutes les descriptions nécessaires pour leur fonctionnement se trouvent dans l'ouvrage du Dr Haanel et tous ceux qui s'occupent de mines trouveront de grands avantages à le consulter.

---

(1) Publiée par le ministère de l'Intérieur, Ottawa.

(2) Trrns. Amer. Inst. Min. Eng. Vol. XXVI., pp. 640-709.

CLASSIFICATION ET GENÈSE DES MINERAIS DE NICKEL

Minéralogiquement les minerais de nickel peuvent être divisées en huit catégories, comme suit : 1. Sulfures ; 2. Arseniures et sulfo-arseniures ; 3. Sulfo-antimoiniures ; 4. Sulfo-bismithiures ; 5. Telluriures ; 6. Silicates ; 7. Oxydes et sels ; 8. Carbonates.

Beaucoup de minéraux de nickel, compris dans ces divisions sont sans importance au point de vue économique et Vogt (1) a démontré que tous ceux qui ont une valeur commerciale retombent naturellement dans les trois groupes principaux :

1. Minerais contenant de l'arsenic et de l'antimoine, avec ou sans bismuth, comme : la niccolite, la gersdoffite, la chloanthite, etc.

2. Minerais de sulfures (sans arsenic), comme par exemple : la pyrrhotine et pyrite nickelifère, la pentlandite, la polydymite, la millerite, etc.

3. Minerais de nickel silicatés, comme : la genthite, la garnierite, etc.

Les arseniures et sulfo-arseniures, appartenant au premier groupe se trouvent principalement en filons, comme par exemple, l'ancien et fameux filon métallifère de Saxe et de Hongrie ; les mines la Motte et Bonne Terre, dans le Missouri, la Mine Gem, dans le comté de Fremont, Colorado ; les mines McConell et Gersdorffite dans la région de Sudbury, Ont. ; et les gisements découverts récemment près de Haileybury sur la rive ouest du lac Timiscamingue, Ont.

Les plus forts gisements appartenant au second groupe sont de beaucoup, les minerais de sulfures nickel et cuivre de la région de Sudbury, au Canada, qui fait l'objet de ce bulletin ; mais la Norvege a, depuis des années, exploité sur une grande échelle des enrichissements précisément similaires. D'autres gisements miniers intimement alliés ont aussi été exploités régulièrement ; Varallo dans le Piémont, en Italie et à Lancaster Gap en Pennsylvanie. Les gisements qui ont été partiellement exploités près de St-Stephen dans le Nouveau-Brunswick paraissent être de même nature. Les plus célèbres et les plus considérables des gisements représentant le troisième groupe sont ceux de Nouvelle Calédonie. Cependant des massifs importants de silicates similaires sont connus et ont été travaillés dans une certaine mesure près de Riddle's, dans le comté de Douglas, Orégon et près de Webster, capitale du comté de Jackson dans l'ouest de la Caroline du Nord.

Les filons du premier groupe se trouvent, soit pénétrant les roches éruptives de l'espèce péridotite ou gabbro, soit en liaison intime avec ces roches et se rencontrent généralement dans les portions les plus décomposées ou altérées. Ces roches bassiques ignées, comme on le

(1) Zeit fur Prak Geol., 1893.

sait, contiennent des quantités considérable de nickel à l'état d'élément constituant normal. Le minerai de nickel extrêmement riche, contenu dans ces filons, dérive donc évidemment du lessivage du nickel de la roche voisine, pendant certaines étapes de la décomposition à laquelle elle a été soumise.

Le mode de formation des gisements de sulfures du second groupe, dont le type est les gisements de Sudbury a déjà été longuement discuté et nous en sommes venu à la conclusion qu'ils sont le produit direct de la différenciation d'un magma basique igné, modifié dans une certaine mesure par une série d'opérations qui sont généralement groupées sous la désignation collectived'action secondaire.

Les silicatesde nickel sont toujours restreints aux étendues supportées par des massifs irruptifs de roches magnésiennes, basiques, non-feldspathiques, de la famille des péridotites, dont les différentes variétés sont distinguées les unes des autres sous les noms de : dunite, saxonite, websterite et eherzolite. Ces roches sont toujours plus ou moins décomposées en une matière serpentineuse si bien que le genre de roche où se présentent ces gisements est généralement appelé serpentine.

Le minerai affleure rarement à la surface, mais est recouvert d'une couche épaisse de matière décomposée, d'où la plus grande partie, sinon la totalité du nickel a été lessivée pour se concentrer dans des places, à quelques pieds plus bas. Cette couverture du sol est fortement ferrugineuse avec quelquefois de gros fragments de pétrosilex gisant çà et là. Les pseudo-cailloux de ce qu'on appelle pétrosilex sont considérés comme de bonne augure pour la recherche de gîtes miniers car ils indiquent invariablement l'existence de péridotite en dessous. Ils représentent réellement les résidus de la péridotite qui ont échappé à la décomposition totale parce qu'ils étaient retenus ensemble par un réseau de veinules de quartz dont les interstices sont occupés par de la péridotite partiellement décomposée seulement. La couverture superficielle est quelquefois absente ou atteint quelques pieds et ensuite cède la place graduellement à une matière meuble, brunâtre représentant la décomposition de la péridotite "*in situ.*" Celle-ci laisse voir généralement des veines et veinules nombreuses, mais petites et entremêlées du silicate verdâtre de nickel et de magnésie, avec souvent beaucoup de plaques de mica chromé. Dans certains endroits des fissures et cavités de dimensions souvent considérables sont remplies par des matières de silicate bien pures. Cette matière meuble, brunâtre fait place à son tour à une roche brunâtre, tendre et friable, remplie de riches veinules plus petites mais plus dures de silicate de nickel, et cette roche encore remplacée plus bas, par de la péridotite non décomposée qui, croit-on, doit contenir peu ou point d'enrichissements de silicate.

Les analyses de la dunite et de la websterite associées provenant des gisements de la Caroline du Nord, indiquent que la roche non décomposée contient de 0·15 à 0·35 pour cent d'oxyde de nickel, tandis que la saxonite dans laquelle se trouvent les gisements de l'Orégon contient, d'après Diller, 0·10 pour cent d'oxyde de nickel, et que l'olivine elle-même, dont la roche est principalement composée, contient 0·26 pour cent d'oxyde de nickel. Ceci arrive très souvent et la péridotite non décomposée de la Nouvelle Calédonie contient jusqu'à 1 pour cent d'oxyde de nickel. Des roches analogues, provenant des Cantons de l'Est du Canada indiquent la présence de 0·15 à 0·26 pour cent d'oxyde de nickel, sans cobalt tandis que le minerai de fer chromé associé contient lui aussi 0·22 pour cent d'oxyde de nickel avec des traces marquées de cobalt. Il est presque impossible de recueillir la matière brunâtre, résultant de la décomposition de ces péridotites sans y constater l'existence d'une quantité appréciable de nickel. Il semble donc certain que le nickel a été lessivé de la roche environnante et redéposé avec la silice et la magnésie dans toutes les fissures et les insterstices disponibles. La péridotite se décompose toujours facilement sous l'action de l'air et la magnésie est le premier ingrédient enlevé sous forme de carbonate. Il est suivi par la silice et par le nickel qui se redépose à un niveau inférieur et dans les places convenables. Ce mode d'origine, amène l'existence en plusieurs des endroits cités de gisements relativement peu profonds dont le prolongement en profondeur dépend presque entièrement du niveau jusqu'auquel la décomposition soit opérée. D'un autre côté la facilité avec laquelle l'exploitation de ces gisements peut se faire et la grande quantité de minerai de nickel relativement riche et précieux que l'on peut en tirer leur donnent un attrait particulier.

RÉPARTITION DES MINERAIS DE NICKEL.

Les minerais de nickel sont beaucoup plus également et abondamment répartis dans le monde entier qu'on ne le suppose généralement ; mais dans quelques contrées seulement les gisements atteignent des dimensions qui permettent de les exploiter sous forme de mines et actuellement ceux de la Nouvelle-Calédonie et de Sudbury produisent la presque totalité de la consommation mondiale de nickel.

On trouve de petites quantités d'arseniures et de sulfo-arseniures de nickel associées aux minerais d'argent, de plomb de bismuth et de cobalt dans les filons bien connus de Saxe et de Hongrie. En règle générale cependant, ce nickel peut être considéré comme un produit secondaire obtenu pour le raffinage de ces minerais, et bien qu'il ait

une certaine valeur, il constitue cependant une proportion relativement modique si on le compare aux autres métaux présents.

Le nickel se trouve aussi en Suède et en Finlande, et les fameux gisements de Norvège ont, pendant de nombreuses années, produit une grande proportion du nickel consommé dans le monde. On sait qu'il existe aussi du nickel en Ecosse, et les serpentines de l'ouest de l'Irlande comme celles des Cornouailles contiennent toutes, associé avec elles, un peu de nickel.

En Russie, on a signalé du nickel à Rewdinsk et Zanghesour- Le gisement de nickel le plus célèbre aux Etats-Unis est la mine Gap, dans le comté de Lancaster, en Pennsylvanie, mais cette mine a suspendu ses opérations en 1891. La production nationale de ce métal aux Etats-Unis provient actuellement entièrement, comme produit secon daire du traitement des minerais de plomb que l'on trouve dans la portion minéralisée des calcaires sédimentaires de la mine La Motte au Missouri. On a trouvé du minerai de nickel très riche dans la " mine Gem ", dans le comté de Fremont, Colorado. On sait aussi qu'il existe des minéraux de nickel en d'autres endroits dans cet état, comme par exemple dans les roches amphiboliques près de Salida, associées au cuivre et aussi, en petites quantités, dans quelques-uns des minerais de la région de Leadville. On signale aussi la présence du nickel en plusieurs endroits de la Californie. A la mine de Kelsey, dans le comté de Los Angeles, on trouve le nickel et le cobalt sous forme d'arseniates avec de l'argent sulfuré et de l'argent massif dans un filon fissuré, en relation intime avec une roche de dyke qui est probablement de la diorite. Les minerais associés contiennent de 7 à 15 pour cent de cobalt et de 2 à 3 pour cent de nickel et 1,000 à 1,400 onces d'argent par tonne (1). On trouve aassi du nickel dans les mines de cobalt, près de Chatham, Con. On sait que plusieurs massifs importants existent au Neva la, mais ils n'ont pas encore reçu de développement considérable. On signale aussi des minerais de nickel dans l'Idaho, l'Arizona et le Nouveau-Mexique. De riches minerais de nickel se rencontrent aussi dans les régions à cuivre au sud du lac Supérieur. Les gisements les plus importants de minerai de nickel que l'on connaisse actuellement aux Etats-Unis sont les silicates de la Caroline du Nord et de l'Orégon dont il sera fait une étude détaillée plus loin.

La distribution des gisements de nickel que l'on trouve en Canada à Sudbury a déjà été décrite en détail, mais on connaît d'autres massifs importants de sulfures analogues qui ont fait l'objet de travaux préliminaires à St. Stephen, Nouveau-Brunswick. On signale d'autres

(1) Proc. Col. Sci. Soc., vol. IV., 1891-93, pp. 419-20.

gisements en Colombie Anglaise et dans la province de Québec, mais ils n'ont actuellement aucune importance économique. A Terreneuve on trouve du riche minerai de nickel en quantités cousidérables, à la mine Union, à Tilt Cove, à la Baie Notre-Dame. L'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Afrique du Sud et le Chili contiennent des gisements de minerai de nickel, mais la Nouvelle-Calédonie est le seul rival formidable avec lequel Sudbury ait actuellement à compter.

NICKEL AU CANADA.

La mine Wallace, à un mille à peu près à l'ouest de l'embouchure de la rivière du Poisson-Blanc, sur la rive nord du lac Huron, présente un intérêt historique en ce qu'elle est la première place où la présence du nickel ait été reconnue en Canada. Elle fut ouverte d'abord comme mine de cuivre en 1847. Pendant la campagne de 1848, cette concession fut visitée par M. Alex. Murray, aide-géologue provincial, qui a fait un rapport des associations géologiques et des dimensions probables du gisem nt.(1) Ce gisement a été décrit par M. C. W. Dickson (2) comme consistant en pyrrhotine, pyrite et chalcopyrite se trouvant à la rencontre des deux petits dykes de diorite micacée qui sont pénétrés par les quartzites environnantes. Les travaux d'extraction entrepris n'ont revélé l'existence d'aucun grand gîte de minerai et bien que l'on ait rencontré beaucoup de minerai de cuivre, associé à un riche minerai arsenical de nickel, celui-ci se présente en très petits filons adjacents au mur méridional de la mine qui n'ont pas encouragé à faire des travaux d'exploitation considérables, et la mine a été promptement abandonnée. Les morceaux recueillis par Murray en 1848 ont été remis au Dr Hunt pour qu'il en fasse l'analyse. Ce spécimen, pesant 45 onces, est décrit par le Dr Hunt comme une " arseniure gris d'acier dont je n'ai pas encore déterminé l'espèce, avec des pyrites de fer et probablement un peu de sulfure arsenical de fer." L'analyse de la masse toute entière, bien réduite en poudre a donné les résultats qui figurent à la colonne I. Les cinq premières substances qui constituent 59.30 pour cent de minerai sont mises à part, comme correspondant à la portion métallique de la masse, bien qu'il soit probable qu'une portion du fer provienne de la pâte. Le cobalt équivaut à environ trois parties sur mille du poids du nickel. En déduisant la pâte et en recalculant le reste sur la base de 100, nous obtenons les résultats figurant à la colonne II.

(1) Rap. des travaux, Com. géol., Canada, 1848-49 ; Géologie du Canada, 1863 ; Min. Res. Ontario, 1890, pp. 24, 67, 91 et 97.

(2) Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1903.

	I.		II.
Fer	24.78		41.79
Nickel (avec une trace de cobalt)	8.26		13.93
Arsenic (moyenne de deux déterminations)	3.57		6.02
Soufre	22.63		38.16
Cuivre	0.06		0.10
		59.30	100.00
Silice	28.40		
Carbonate de chaux	4.00		
Magnésie	4.40		
Alumine	3.21		
		40.01	
		99.31	

Deux minerais de nickel sont décrits par le Dr Hunt (3) comme se présentant " dans un filon recoupant une couche d'amygdaloïde, sur l'île Michepicoten, dans le lac Supérieur." Le premier de ceux-ci est un minerai massif, friable, associé à du quartz et présentant un lustre métallique brillant et une couleur variant du blanc d'étain au jaune bronze. Sa dureté est de 5 et sa densité varie de 7·35 à 7.40. Le minéral est d'une composition variable. Voici le résultat de quatre analyses :

	I	II	III	IV
Arsenic	37.36	44.67	.....	.....
Cuivre	44.70	30.81	27.60	10.28
Nickel	17.03	24.58	27.29	36.39
Argent	.....	0.25	0.21	.....
Total	99.09	100.28		

Les résultats variables qui précèdent proviennent de ce que les matières analysées consistaient en un mélange, en proportions différentes, de niccolite (nickel, 44.1 pour cent, et arsenic 55.9 pour cent), et domeykite (cuivre, 71.7 pour cent, et arsenic 28.3 pour cent).

Le second minerai que l'on dit provenir de la même mine que le précédent, se présente comme la gangue du cuivre et de l'argent natifs qui y sont dispersés en grains, La matière est amorphe, jaune verdâtre ou vert pomme, avec un lustre cireux et une fracture conchoïdale. Le minerai est très tendre, se polit sous l'ongle et tombe en morceaux si

(3) Géol. du Canada, 1863.

on le plonge dans l'eau. Il se décompose sous l'action des acides et l'on a trouvé que c'est essentiellement un silicate de nickel hydraté. Dans la colonne I on trouve l'analyse d'un spécimen desséché à 22° F. Dans la colonne n° II on trouve l'analyse d'un autre échantillon desséché à une plus haute température. Il contient en plus des traces de cobalt et de cuivre, et paraît être identique à la gymnite-nickel ou genthite. A la colonne III figure l'analyse partielle d'un spécimen qui contenait de petits grains dispersés des métaux natifs.

	I	II	III
Silice	33·60	35·80	.....
Oxyde de nickel	30·40	32·20	20·85
Protoxyde de fer	2·25	....	.....
Chaux	4·09	....	.....
Magnésie	3·55	....	.....
Alumine	8·40	....	.....
Humidité	17·10	12·20	.....
Cobalt	....	traces	.....
Argent	....	....	2·55
Cuivre	....	traces	18.51
	99·39		

L'arseniure de nickel (niccolite) a été trouvé aussi à la mine 3 A, sur le lot 3 A, du township de McGregor dans le district de la baie du Tonnerre, Ont., où il se rencontre en grains nodulaires assez gros et en paquets avec de l'argent natif, d'une forme similaire, libéralement épars dans une gangue de calc-spath avec un peu de quartz. (1)

Le nickel est rarement et même jamais absent des roches magnésiennes des Cantons de l'est de la province de Québec et les différentes serpentines, steatites, diallages, et actinolites, etc., contiennent toujours de petites quantités de ce métal, mais rarement plus que deux ou trois millièmes. Il n'a jamais été trouvé en quantités considérables bien que le fer chromé de Ham, donne à l'analyse 0·22 pour cent d'oxyde de nickel. (2) Le Dr Harrington a aussi trouvé une petite quantité de nickel dans la serpentine rapportée par le Dr Bell de Pigeon Lake, sur la rivière Montréal, Ontario. (3)

L'extraction du nickel, s'est faite à un certain moment sur le lot 6, con. XII du township d'Orford, dans la province de Québec, mais les opérations avaient été évidemment suspendues pendant un temps con-

(1) Rap. Ann. Comm. Géol. Can. Vol. V 1890-1, Partie R.

(2) Rapp. des opérations de la Comm. Géol. du Can. 1883-56 ; Géologie du Canada 1863.

(3) Rapp. ann. Comm. Géol. Can., 1876-77.

sidérable avant l'année 1883 où M. Willimott a visité la localité. (1) L'existence du nickel en cet endroit était connue depuis longtemps (2) mais le gisement n'avait été travaillé comme mine que longtemps après sa découverte. La concession appelée mine de nickel d'Orford a été exploitée au moyen de deux petits puits, foncés dans ce qui paraît être un grand filon de calcite, contenant de petits cristaux verts transparents d'un grenat chromé et souvent imprégné de longs filaments de pyroxène d'une couleur verdâtre ou jaunâtre. Le grenat chromé forme aussi de gros massifs granulaires, contenant disséminés parcimonieusement, de petits grains cuivrés et des cristaux des millérite. On trouve cependant que les plus gros cristaux pénètrent une belle espèce de calcite clivable et ils dépassent souvent trois pouces de longueur. Les édifices, bâtiments d'exploitation et usines de fusion ont été abandonnés en 1883, sauf un bâtiment où demeure le gardien.

Un échantillon de pyrite de fer de la onzième concession de la seigneurie de d'Aillebout, comté de Joliette, province de Québec, a donné d'après le Dr Hunt, 0·55 pour cent d'oxyde de nickel (=0·43 pour cent de nickel) mêlé à du cobalt. (3)

Un échantillon de pyrite de cuivre triée à la main, recueillie sur le lot 163 du cadastre de St-Jérôme, P. Q. a été analysé par le Dr Harrington qui a trouvé qu'il contenait 0.05 pour cent de cuivre et 0.22 pour cent de cobalt et 0.10 pour cent de nickel. (4)

Le Dr Hunt signale qu'une espèce impalbable de pyrite de fer, de couleur bronze, en massif irréguliers, rénaux ou globulaires, qui se trouve avec les pyrites de cuivre, dans le township de Burgess Nord, Ont., lui a donné à l'analyse 3.47 pour cent de cobalt et 2.21 pour cent de nickel. (5)

Le Dr Adams a analysé un échantillon de pyrrhotine associée à un peu de chalcopyrite et de sphalérite avec une petite quantité de chlorite entremêlée, provenant de Pic Island, lac Supérieur, et a trouvé qu'il contenait 0.562 pour cent de nickel et 0.138 pour cent de cobalt.(6)

Le Dr Hoffman a analysé un échantillon de pyrites de fer de Londonderry, N. E. et a trouvé qu'il contenait 0.144 pour cent de nickel et 0.813 pour cent de cobalt. (7)

---

(1) Rapp. des opéra. Comm. Géol, Can. 1880-82. Partie GG.
(2) Géol. du Canada 1863-
(3) Géologie du Can. 1863.
(4) Rap. des opér. Comm. Géol. Can. 1876-77.
(5) Rap. des opér. Comm. Géol. Can. 1863-66.
(6) Rapp. ann. Comm. Géol. Can. 1880-82. Partie H.
(7) Rapp. ann. Comm. Géol. Can. 1874-75 et Vol. V 1890-91. Partie R.

On a aussi trouvé en différents endroits de la Colombie Anglaise du nickel associé à de la pyrrhotine et à d'autres sulfures. On a trouvé de la gersdorffite sous forme de petits cristaux octaèdriques, distribués dans des échantillons, qui dénotent uns association intime de la pyrrhotine et de la chalcopyrite massive, provenant de la mine Columbia-Kootanie, un mille et quart au nord-est de la ville de Rossland. Tout l'échantillon qui pesait 6 livres et 10 onces a été analysé par M. F. G. Wait (1) qui a trouvé qu'il contenait 0.65 pour cent de nickel avec des traces de cobalt.

On s'est beaucoup occupé des gisements de pyrrhotine nickelifère qui se trouvent près de St. Stephen, N.-B. Ces gisements ont été visités et décrits la première fois par M. H. P. H. Brumell (2). Le Dr R. W. Ells, qui a visité dans l'été de 1903 les endroits où se présentent ces gisements de minerai, en a donné la description suivante (3) :

Les roches nickelifères de St. Stephen ont été examinées spécialement et il a été trouvé qu'elles consistent en roches irruptives récentes au lieu de granites Laurentiens comme on l'avait supposé à un moment. Ces roches sont surtout du genre gabbro, et ont injecté et décomposé une série de phyllades noires et grises dont l'époque est également très douteuse. On a supposé à un moment qu'elles étaient de l'époque Silurienne, mais, vu l'absence de fossiles, ce point n'a pu être complètement déterminé. Comme elles se développaient au fond de la Baie du Chêne (*Oak Bay*) on a supposé qu'elles pouvaient être les équivalents de quelques portions du Primordial de l'étendue de Saint-Jean, mais ce point n'a jamais été résolu, vu l'absence de fossiles. Sur la carte géologique de cette région elles sont provisoirement coloriées Cambro-Silurien. Elles supportent apparemment, en discordance les ardoises arénacées qui sont rapportées au Dévonien et qui occupent la portion nord-ouest de la région et, à ce point de vue, leur époque peut être du Silurien Supérieur.

Elles sont fortement altérées en beaucoup d'endroits, changeant en schistes micacés et à chiastolite, mais ces altérations sont simplement locales et causées par l'irruption des massifs de gabbro. Elles ressemblent sous certains aspects aux schistes pre-Cambriens, mais pas comme série. Il faudra d'autres recherches de fossiles pour règler la question du niveau réel.

Le nickel, près de St. Stephen, se rencontre dans la pyrrhotine, comme à Sudbury, mais les roches associées sont d'un niveau géologique

(1) Rapp. ann. Comm. Géol. Can. Vol. IX, 1896. Partie R.

(2) Rapp. ann. Com. géol. Can., vol. IV. 1890-91, Partie SS., et vol. X, 1897, Partie M.

(3) Rapp. somm. Com. géol., Canada, 1903.

bien différent de celles de cette dernière région. La pyrrhotine se trouve dans les massifs de gabbro qui percent une série d'ardoises et qui les ont profondément altérées le long des contacts. Le minéral se présente apparemment en poches qui sont probablement d'un caractère très local. On trouve le minerai dans de nombreux endroits, mais on n'a essayé qu'à deux places de l'extraire pour le nickel, sur ce que l'on appelle les fermes de Rogers et de Hall. La première porte habituellement le nom de mine de Todd et l'autre de mine de Carroll.

Sur la ferme Rogers on a fait beaucoup de travaux, surtout sous forme d'exploration. Un puits de 12 x 12 a été foncé à 24 pieds, et trois tranchées ont été ouvertes à des profondeurs variant de trois à huit pieds ; la principale a un peu plus de deux chaînes de longueur et sa direction est S. 54° O. magnétique. Dans cette tranchée, le minerai est à découvert sur plus de 30 pieds le long de la ligne d'excavation et le reste de l'entaille laisse voir un mélange de minerai et de roche. On n'a pas pu s'assurer de la largeur du gîte de minerai parce que les travaux de développement étaient insuffisants pour règler ce point.

Sur le lot de Hall (mine Carroll) on a foncé plusieurs puits, un de 77 pieds, un de 14 pieds, et un de 12 pieds. En plus, un trou de sondage au perforateur diamanté a été conduit depuis le fond du puits le plus profond jusqu'à une profondeur de 163 pieds. D'après les renseignements fournis par M. J. Carroll, les 40 premiers pieds du puits principal sont dans le minerai, mais, à partir de là, jusqu'au fond, c'est un mélange de minerai et de roche.

Les formations en cet endroit sont à peu près les mêmes que sur l'étendue de Todd ; les excavations paraissent être sur le bord oriental du massif de gabbro, car on voit les ardoises décomposées tout à proximité.

Un examen des spécimens recueillis dans un de ces gisements, à trois milles environ au nord de St. Stephen, a été opéré par M. R. A. A. Johnston (1) qui donne la description suivante :

"Les matières consistent en pyrrhotine dans laquelle sont disséminées un peu de pyrites de cuivre et une très petite quantité de gangue quartzeuse." Une analyse partielle donne les résultats qui figurent à la colonne I ; ou bien, en calculant la matière débarrassée de la gangue, à la colonne II.

	I	II
Nickel	1.72%	1.82%
Cobalt	0.16%	0.17%
Cuivre	0.31%	0.33%

(1) Rapp. ann. Comm. géol. Can., Vol, V., 1890-91, Partie R.

De la pyrrhotine associée à la chalcopyrite et un peu de magnétite dans une gangue de serpentine gris verdâtre, provenant de la ferme de Thompson à St. Stephen ont été analysées partiellement par le Dr F. D. Adams. (1) La pprrhotine constitue approximativement le quart du poids total. On a trouvé que la pyrrhotine débarrassée soigneusement des minéraux associés contient 0.923 p.c. de nickel et 0.394 p.c. de cobalt.

Des analyses partielles ont été exécutées par M. F. Connor, de la Commission, sur des échantillons choisis par M. R, A. A. Johnston sur les deux propriétés Todd et Carroll. L'échantillon de la mine Todd, consistant en pyrrhotine presque pure avec une petite proportion de chalcopyrite entremêlée et avec 10 p.c. de gangue, a donné : nickel 1.38 p.c. et cobalt 0.21 p.c. L'échantillon de la mine Carroll, qui était de la pyrrhotine presque pure avec très peu de chalcopyrite et moins de 5 p.c. de gangue, a donné : nickel 1.35 p.c. et cobalt 0.21 p.c.

On peut voir par là que le minerai est d'une tenenr inférieure à celui que l'on rencontre et que l'on exploite généralement à Sudbury, et par conséquent, pour le moment du moins, tant qu'on n'aura pas rencontré de forts gîtes de minerai, ces gisements ne pourront pas rivaliser avec les gisements beaucoup plus grands et plus riches de Sudbury.

Dans tous les endroits ces roches paraissent être d'une nature très analogue et consister, pour la plus grande partie, en un gabbro allant du grain fin au gros grain. La présence de la pyrrhotine est indiquée par des massifs de gossan à la surface et en certains endroits le minerai est fortement mélangé de roches. Il ne semble pas qu'il y ait un contact bien marqué entre le gîte de minerai et la roche adjacente, et l'on trouve peu d'indication de texture filoneuse. En dehors du terrain occupé par les tranchées et les puits, la surface laisse voir en un grand nombre d'endroits le chapeau avec une épaisseur allant de quelques pouces à plusieurs pieds. Comme cette couverture se montre en plusieurs endroits, à l'est de la tranchée principale, sur la ferme de Rogers, il est possible que l'on rencontrera des massifs de pyrrhotine sur une étendue considérable, mais, dans beaucoup de cas, tellement mélangés à la roche qu'il faudra une séparation minutieuse après l'extraction. La meilleure façon de s'assurer de l'existence de ces gîtes de minerai serait d'opérer des forages judicieux au perforateur diamanté. Les étendues de gabbro sont limitées et paraissent en beaucoup d'endroits surgir en massifs en forme de dôme à travers la formation ardoisière. L'état de

(1) Rapp. ann. Com. géol. Can., 1880-82. Partie H.

développement peu avancé du district ne permet pas de donner beaucoup de renseignements précis sur leur valeur future.

Sur une concession près du moulin de Moore, bien que l'on voie du gabbro en plusieurs endroits, la pyrrhotine paraît être dispersée dans un massif d'ardoises schisteuses altérées. Le minerai paraît être, là aussi, de faible teneur et les dimensions du gisement ne sont pas grandes.

Un autre emplacement où l'on a essayé l'exploitation du nickel se trouve sur les lots 11 et 12 du rang IX du township de Calumet (Ile Calumet), comté de Pontiac, province de Québec (1). Le minerai est surtout une pyrrhotine contenant à la fois du nickel et du cobalt. Les roches associées sont des diorites qui percent une série de gneiss gris et rouillés et de calcaires cristallins. Un gros monticule de diorite surgit au sud de la couche de minerai avec une puissance de douze pieds environ, et entre ce monticule et le massif de diorite il y a une bande de calcaire cristallin. Le minerai lui-même est associé à une autre bande de diorite. qui apparemment traverse le gneiss gris, car on voit ce dernier au dessous ou au nord du gisement de minerai. Sur la rivière, à peu de distance, au sud de cette mine, la formation est principalement un calcaire cristallin, et l'on peut voir facilement les irruptions de diorite et de granite dans cette roche. La bande de pyrrhotine de la mine Cowan plonge au sud sous un angle d'environ 50°. Un puits a été foncé à une profondeur de quarante pieds environ et des travers-bances ont été creusées pour s'assurer de la largeur du gisement.

Une pyrrhotine massive compacte, dans laquelle sont disperséss de petites quantités de gangue quartzeuse, remise au Dr G. C. Hoffman par M. E. P. Cowen, a été analysée partiellement par M. F. G. Wait, et a donné les résultats figurant à la colonne I. La gangue constituait 4.30 p.c. du poids total ; en la négligeant, le sulfure pur donnerait donc le résultat mentionné à la colonne II :

	I	II
Nickel.....	3.88%	4.06%
Cobalt.....	0.32%	0.33%

Une amphibolite quartzeuse contenant une assez grande quantité de pyrrhotine un peu de pyrite, une petite quantité de chalcopyrite et très peu de blende de zinc, a été recueillie sur la moitié sud-est de lot 6, rang II du township de Calumet. La pyrrhotine débarrassée de toute gangue et minéraux associés, contient d'après M. F. G. Wait ; nickel 1.48 pour cent sans cobalt. (2)

(1) Rapp. ann. Com. géol. Can., vol. XI, 1898, Part. A, p. 119,
(2) Rapp. ann. Comm. Géol. Can. Vol. XI 1898. Partie R.

La löllingite cobaltifère (diarseniure de fer) se rencontre sur le lot 16, concession XIV du township de Galway. Le spécimen fut reçu par le Dr Hoffman des mines de fer M. J. B. Campbell, le 21 juillet 1888. (1)

Ce mineral qui était associé à une petite quantité de pyrrhotine et à un peu de quartz blanc transparent était massif et décelait, seulement en certaines parties et encore, très indistinctement, un semblant de texture cristalline. Couleur gris d'acier ; reflet métallique ; friable ; cassure irrégulière ; rayure noir-grisâtre ; densité après correction pour un peu de quartz contenu à 15.5° C., 7-028.

Une analyse par M. R. A. A. Johnston de matériaux soigneusement choisis a donne les résultats de la colonne I. En déduisant la gangue (silice) et en faisant un nouveau calcul pour le reste des constituants sur la base de 100, nous obtenons les résultats qui figurent à la colonne II.

	I	II
Arsenic	70·11	70·85
Soufre	0·80	0·81
Fer	24·41	24·67
Cobalt	2·85	2·88
Nickel	0·78	0·79
Cangue (quartz)	1·69	....
Total	100·64	100·00

L'identité de ce minéral n'avait pas encore été établie en Canada et si on le trouvait en quantité, il présenterait une importance industrielle.

La découverte de minerais de cobalt. de nickel, d'arsenic et d'argent sur le côté ouest du lac Témiscamingue, Ont., fut rendue publique en 1903. Les gisements furent découverts au cours de la construction du chemin de fer du Témiscamingue et du nord d'Ontario, la voie de ce nouveau chemin de fer du gouvernement passant presque sur le sommet du premier des gisements découverts. Le gisement se trouve à cinq milles au sud du village d'Haileybury, qui est à 106 milles au nord de North Bay et à 333 milles au Nord de Toronto. Au moment de la visite du professeur Miller (2) auquel est empruntée l'information qui suit, quatre filons de gisements avaient été localisés dans le voisinage d'une petite nappe d'eau appelée le lac Long, se trouvant à un demi-mille au sud de la frontière méridionale des lots 8 et 9, con. I du township de Bucke. Tous les filons traversent l'ardoise et le conglomeré ardoisier de l'Huronien Supérieur. On soupçonnait l'exis-

(1) Rapp. ann. Comm. Géol. Can. Vol. VI 1892-93. Partie R.

(2) Eng. and Min. Jour. Vol. LXXVI.. 10 déembre 1903, pp. 888-889, aussi Canadian Mining Review, 31 décembre 1903.

tence de dykes ou de nappes d'éruptives plus foncées, mais on ne les avait pas reconnues distinctement. L'ardoise et le conglomeré ardoisier ont un léger plongement et les filons signalés les recoupent presque verticalement. L'allure des filons N°s 1 et 3 est à peu près nord-est et sud-ouest ; celle du N° 4 est est et ouest ; celle du N° 2 nord-ouest et sud-est.

Le filon N° 1 se trouve à l'est de la voie du chemin de fer, au bord d'un marécage à un quart de mille environ au nord de l'extrémité du Lac Long. Il a été mis à découvert en trois endroits qui sont à quelques verges les unes des autres. On trouve sur un des murs un conglomeré foncé à grain moyen. Dans la plus large excavation, le gisement a une largeur de plus de 6 pieds, mais la matière filoneuse est plus ou moins mêlée de roche. Le minerai consiste en niccolite ou arséniure de nickel, en smaltite, en diarséniure de cobalt avec beaucoup d'argent natif. Sur les surfaces exposées à l'air, la matière filoneuse est recouverte d'une couche d'un beau produit de décomposition l'érythrite (fleur de cobalt) ; on voit aussi sur quelques surfaces la tache vert-nickel (annabergite ?) mais elle est généralement masquée par celle du cobalt. Il se peut aussi qu'il y ait du silicate de nickel (genthite). L'arseniolite, minéral secondaire (As^2O^3) se rencontre aussi. L'argent natif en feuilles, pellicules ou fils fins et sous forme de mousse est intimement associé aux minéraux de nickel et de cobalt, surtout à la niccolite, aussi bien dans les fissures de la roche que dans les gangues de calcite. Dans les portions de minerais soumises à l'action de l'air, l'argent se montre distinctement. Un feuillet trouvé, composé surtout d'argent, avait une épaisseur d'à peu près 0.375 de pouce et un diamètre d'un pied environ. L'argent paraît s'être cristallisé plus vite que la niccolite qui s'est déposée autour de lui. La smaltite s'est formée encore plus tard que la niccolite.

Sur la concession N° 2 qui se trouve à un demi mille environ au sud-ouest du N° 1, le gîte de minerai a nettement la forme de filon. Le minerai est un mélange de smaltite et probablement de quelque arséniure plus intimement allié comme la safflorite ($Co\text{-}As^2$), et la niccolite. On lui a trouvé la composition suivante :

	I	II	III	IV
Cobalt	16·8	16·76	19·80	
Nickel	7·0	6·24	4·56	21·70
Fer	6·3	....	6·20	8·89
Arsenic	69·0	66·60	60·30	63·55
Soufre		3·57	4·09	5·38
Insoluble	0·9	....	2·40	0·60
Humidité	....	....	2·00	....

L'analyse I a été faite par M. O. S. James ; les analyses II et III sont une moyenne d'échantillons recueillis par M. W. G. Miller : la première, de l'excavation supérieure et la dernière, de l'excavation du milieu ou excavation principale. L'analyste était M. A. G. Burrows. L'échantillon III avait évidemment subi un peu l'action de l'air, car il laissait voir beaucoup de fleur de cobalt. L'analyse IV a été faite par le Dr J. Waddell. C'était un échantillon recueilli par le Prof. Nicol. Ce spécimen n'a pas été pris comme les échantillons II et III dans le but de déterminer la composition moyenne du filon. Le Prof. Nicol dit qu'une analyse qualitative a indiqué dans ce cas l'existence de petites quantités de cuivre et de plomb et l'absence d'antimoine, de bismuth et de zinc.

Ce gîte de minerai, contrairement aux autres qui ont été examinés, ne contient pas d'argent dans les parties découvertes jusqu'à présent. Trois excavations ont été opérées dans le filon, sur une longueur de 300 pieds. Le minerai massif a une largeur de 14 pouces, mais fait géode dans la roche du mur. Les murs, qni sont bien marqués, sont de l'ardoise, et le filon est presque perpendiculaire, se trouvant sur le flanc de la colline à 70 pieds à peu près au-dessus du niveau du lac Long et quelques centaines de verges à l'est.

Le gîte de minerai N° 3 se trouve au bord méridional du lac Long, à un demi mille à peu près au sud-ouest du N° 2. Il ressemble beaucoup au N° 1 et consiste surtout en argent natif, smaltite, erythrite et selon toute probabilité en nicolite.

Le filon N° 4 est à un demi-mille environ au sud-est du N° 3. Le filon, qui ne mesure pas plus de huit pouces, coupe une falaise perpendiculaire dénudée, faisant face à l'ouest et haute de près de 70 pieds. Le filon a disparu sous l'action atmosphérique, laissant une craquelure dans la paroi de la falaise qui atteint en quelques endroits 4 ou 5 pieds de profondeur. De minces feuillets d'argent, atteignant 2 pouces de diamètre, gisaient sur les bancs, et la matière décomposé était cimentée avec le métal. Il fut impossible de se procurer au marteau un échantillon intact du minerai tellement la veine était décomposée. Les échantillons ayant subi l'action de l'air contenaient cependant, en plus de l'argent natif, de l'érythrite et, suivant toutes les probabilités, on trouvera que le minerai non altéré consiste en smaltite et en niccolite, en plus de l'argent. Sur une distance de huit pouces, on a remarqué une texture nettement rubannée avec 12 ou 14 couches de minerai gisant parallèlement. Un échantillon de minerai très attaqué par l'action atmosphérique, provenant du filon N° 4, qui paraissait contenir moins d'argent que la plupart des échantillons recueillis,

analysé par M. A. G. Burrows, a donné la composition suivante pour cent : argent, 16.60 ; cobalt, 3.91 ; nickel, 1.42 ; arsenic, 16.79 ; pas d'or. Le minerai va du brunâtre au jaunâtre et a un aspect terreux. Sa couleur est due à plusieurs produits de décomposition : oxydes de fer, de cobalt et de nickel. Il existe un peu de fleur de cobalt. Au bas de la falaise, le filon perce cette ardoise finement rubannée, gris foncé ou verdâtre, et quelquefois presque noire, qui a un faible plongement. L'ardoise passe graduellement, autant qu'on a pu en juger par suite de la nature escarpée de la falaise à un conglomeré-brèche grossier dans la partie supérieure. Les fragments dans le conglomeré consistent en quartz, ardoise, granite et autres roches.

Sur quelques-uns des specimens d'argent natif, il y a de petits massifs sphéroïdaux noirs avec peu de reflet. Ils paraissent être de l'oxyde de cobalt hydraté (heterogenite) ; quelques-uns des dépôts sur l'argent ressemblent à de l'asbolite. Il y a aussi probablement des carbonates de cobalt et de nickel.

Le professeur Nicol, de l'école des mines de Kingston, qui a plus tard examiné les matériaux recueillis a reconnu de l'antimoiniure d'argent, dyscrasite, associé à l'argent natif du n° 1. Il a aussi définitivement déterminé la présence de chloanthite (arseniure de nickel). Elle est associée à la nicollite et on la trouve aussi assez vierge de cobalt dans quelques-uns des massifs nodulaires.

On a rencontré également en petites quantités la smaltite et l'érythrite, associées aux roches basiques ignées, à l'ouest du lac aux Lapins (*Rabbit Lake*), si bien que toute la zone où se présentent ces roches dans les district de Témiscamingue et de Témagami devrait être explorée soigneusemeut. Bien que la largeur et l'étendue de ces filons puisse bien ne pas être très grande, la nature du minerai est telle qu'il peut avoir plus tard une valeur industrielle étant donné le prix courant des métaux qu'il contient.

AUTRES ANALYSES DE MINERAIS DE SULFURES DU CANADA, A LA RECHERCHE DU NICKEL

Depuis les découvertes de la pyrrhotine fortement nickelifère de la région minière de Sudbury, il s'est fait d'actives recherches de sulfures analogues, De nombreux spécimens, provenant de toutes les parties du Canada, sont venus au laboratoire de la Commission Géologique pour être soumis à l'essai. Les matériaux ainsi soumis ont été examinés et des analyses partielles ont été publiées, de temps à autre, dans les rapports de la Section de chimie et de minéralogie.

non seulement comme bulletins séparées, mais encore en volumes dans les publications annuelles. Nous avons jugé à propos de réunir ces résultats en tableaux et par province. Toutes les analyses ont été faites par MM. R. A. A. Johnston et F. G. Wait, aides du Dr G. C. Hoffman, chimiste et minéralogiste de la Commission Géologique. Ces analyses sont distinctes de celles qui ont déjà été citées dans les pages précédentes de ce bulletin.

ANALYSES PARTIELLES DE MINERAI DE NICKEL DU CANADA.

ONTARIO.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en port. métallique.	Analyste.
1	Clarendon, comté de Frontenac.....	60·00	.....	Trace.	0·20	.....	R. A. A. Johnston.
2	Lot 10, con. IV., Creighton, Algoma.	16·00	.....	Auc.	Auc.	.....	R. A. A. Johnston.
3	Schreiber, (2 miles à l'ouest) district de la baie du Tonnerre.	Aucun.	.....	0·03	Trace.	...	R. A. A. Johnston.
4	Même localité.....	10·00	.....	Trace.	Trace.	...	R. A. A. Johnston.
5	Baie de Darlington, Lac des Bois.....	20·00	.....	"	"	.....	R. A. A. Johnston.
6	½ E. lot 18, con. III., Dalhousie, comté de Lanark	20·50	.....	0·09	"	0·11	F. G. Wait.
7	Lot 15, con. A. Anglesea, comté de Addington	37·89	Présent.	0·10	"	0·16	F. G. Wait.
8	Lot 12, con. III., Galway, comté de Peterborough.....	.....	.....	0·16	"	.....	F. G. Wait.
9	Lot 18, con. IV., Galway, comté de Peterborough	17·25	.....	0·10	"	0·12	R. A. A. Johnston.
10	Lot 16, con. XIV., Galway, comté de Peterborough	.....	Présent.	0·10	"	...	F. G. Wait.
11	Extrémité S. lot 16, con. XIV., Galway, cté de Peterborough	.....	"	0·05	"	.....	R. A. A. Johnston.
12	Lot 16, con. XV., Galway, comté de Peterborough.....	38·46	.....	traces	.....	.....	R. A. A. Johnston.
13	Galway, comté de Peterborough.....	.....	.....	vag. 0·04	Trace.	.....	F. G. Wait.
14	Lot 1, con. XI, Somerville, comté de Victoria.....	62·36	.....	tr. vag	.....	.....	R. A. A. Johnston.
15	Somerville, comté de Victoria	48·97	.....	0·06	Trace.	0·12	F. G. Wait.
16	Partie N. du comté de Victoria	.....	.....	0·15	"	....	F. G. Wait.
17	Rive S.E. du lac Vermillon, district de Nipissing.....	.....	.....	0·05	Prés't.	.....	F. G. Wait.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en port. métallique.	Analyste.
18	Lot 6, con. 1., Hyman, district d'Algoma..	.....	.....	....	Auc.	1·55	R. A. A. Johnston.
19	English river, 9 milles N. du C. P. Ry., District de la Rivière à la Pluie....	10 50	.....	0·12	"	0·13	F. G. Wait.
20	Près de la stat. de Jackfish, C.P.R., dist de la baie du Tonnerre	.....	.....	Trace.	....	....	F. G. Wait.
21	Lac des Douze-Milles, Minden, comté de Haliburton.....	6·92	.....	0·13	Trace.	0·14	F. G. Wait.
22	Lots 32 et 33, con. XI., Sebastopol, comté de Renfrew.	.....	Présent.	...	Auc.	0·10	F. G. Wait.
23	½ E. lot 18, con. III., Dalhousie, comté de Lanark	29·35	.....	0·165	Trace.	0·23	F. G. Wait.
24	Matawatchan, comté de Renfrew..... ..	.....	.....	....	"	0·29	F. G. Wait.
25	Tranchée sur le Whitney and Opeongo Ry., 7¼ milles du raccordement avec le C. A. Ry., Sproule, district de Nipissing	.....	Présent.	0·19	"	.....	F. G. Wait.
26	Lot 17, con. II, Westmeath, cté Renfrew	.....	"	tr. vag	Auc.	....	R. A. A. Johnston
27	½ N lot 4, con. IV., Graham, district d'Algoma.....	1·04	.....	0·49	Trace.	0·49	F. G. Wait.
28	½ S. lot 8, con. IV., Dowling, district d'Algoma.....	.....	Présent.	.....	"	0·26	F. G. Wait.
29	½ W lot 10, con. IV., Olden, comté de Frontenac.....	3·32	"	0·98	"	1·02	F. G. Wait.

EXPLICATIONS

1. Roche gneissoïde blanc-grisâtre, dans laquelle est disséminée une assez grande quantité de pyrrhotine. La portion métallique du minerai contenait 0 5 pour cent de cobalt. 2. Pyrrhotine granulaire, grossière associée à de la blende de zinc, dans laquelle est disséminée une assez petite quantité d'une roche schisteuse gris foncé et de quartz blanc. 3. Pyrrhotine provenant d'un gisement considérable. Examiné pour M. Thomas Marks. 4. Bon échantillon de la pyrrhotine de la même localité, recueillie par le Dr Selwyn. Une pyrrhotine massive fine et granulaire, dans laquelle est disséminé un peu de gangue quartzeuse 5. Pyrrhotine avec une roche gneissoide gris foncé. Examiné pour M. Mather. 6. Pyrrhotine avec un peu de pyrite dans de la diorite quart-

zeuse micacée. Examiné pour M. W. C. Caldwell. 7. Roche gneissoïde gris-foncé dans laquelle est disséminée une assez forte quantité de pyrrhotine et une quantité insignifiante de chalcopyrite. 8. Pyrrhotine massive compacte. Examiné pour M. E. D. Orde. 9. Pyrrhotine massive associée à de très petites quantités de pyrite dans du quartz. Recueillie par le Dr F. D. Adams. 10. Pyrrhotine massive compacte avec un peu de pyrite et des quantités insignifiantes de chalcopyrite et de quartz. Examiné pour M. R. H. G. Chapman. 11. Pyrrhotine massive, avec de très petites quantités de chalcopyrite, de quartz et de feldspath. Recueillie par le Dr F. D. Adams. 12. Quartz contenant un peu de pyrrhotine et une petite quantité de pyrite. 13. Les numéros du lot et de la concession ne nous ont pas été communiqués. Pyrrhotine massive avec une quantité de calcite très insignifiante. 14. Quartz, un peu de feldspath et très peu de grenat, contenant une petite quantité de pyrite et de pyrrhotine. Recueilli par le Dr F. D. Adams. 15. Pyrrhotine avec du quartz et un peu de grenat. Le numéro du lot et de la concession ne nous ont pas été communiqués. 16. Pyrrhotine massive compacte. 17. Provenant de la concession de E. V. Wright, au nord du bras nord-est du lac Temigami. Pyrite massive cristalline très fine dans une gangue de diorite quartzeuse. Recueillie par M. A. Barlow. 18. Pyrrhotine avec du mica et seulement un peu de quartz visible. Recueillie par M. McInnes. 20. Pyrite granulaire très fine avec de petites quantités de pyrrhotine. 21. Pyrrhotine massive compacte avec un peu de pyrite et une petite quantité de quartz. 22, Pyrrhotine massive compacte avec de petites quantités de chalcopyrite et de pyrite dans une gange de calcite et pyroxène, avec un peu d'amphibole, du feldspath et un peu de grenat. Examiné pour M. L. Murray. 23. Quartz avec un peu d'amphibole, contenant de grandes quantités de pyrite et de pyrrhotine. Examiné pour M. T. B. Caldwell. 24. Pyrrhotine massive compacte avec une petite quantité de quartz et de gneiss amphibolique. 25. Pyrrhotine massive compacte, avec quelques parcelles de chalcopyrite et une petite quantité de gangue, principalement du quartz et du feldspath, avec très peu de grenat. Examiné pour M. A. H. N. Bruce. 26.Pyrrhotine, avec un peu de chalcopyrite, d'apathite et d'amphibole. 27. Pyrite massive associée à de la pyrrhotine, chalcopyrite et danaïte (arseniopyrite cobaltifère). 28. Pyrrhotine massive, à laquelle est associé un peu de chalcopyrite et une assez grande proportion de gangue (tuf vitrophyre). 29. Pyrrhotine massive granulaire, avec très peu de chalcopyrite, un peu de gangue, de feldspath, du quartz et de l'amphibole. Examiné pour M. J. Bawden.

QUÉBEC.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en port. métallique.	Analyste.
30	Lac Mistassini.....	27·00	.....	traces	traces	.....	R. A. A. Johnston.
31	Lot 24, R. 18, Potton, comté de Brome...	Petite quant.	.....	dist. Petite	dist.	.....	R. A. A. Johnston.
32	Lot 24, R. 7, Clarendon, cté de Pontiac.	Néant.	.....	quant 1·50	Trace.	1·50	R. A. A. Johnston.
33	Lot 2, R. 8, Eardley, comté d'Ottawa....	.....	.....	0·13	Néant	.....	R. A. A. Johnston.
34	Lot 14, R. 6, Aylwin, comté d'Ottawa....	.....	.....	.....	"	1·68	F. G. Wait.
35	Lot 14, R. 5, Masham, comté d'Ottawa....	.....	Présent.	Un	. .	Co. Ni	F. G. Wait.
36	Lot 14, R. 5, Masham, comté d'Ottawa....	.....	.....	peu. 0·11	Néant	0·28	F. G. Wait.
37	Même endroit.....	.....	.....	0·10	"	.....	F. G. Wait.

EXPLICATIONS.

30. Pyrrhotine dans une gangue de schiste amphibolique. Recueillie par M. Walter McOuat (Commission géologique) en 1872. 31. Pyrrhotine, chalcopyrite et pyrite, avec un peu de gangue. Un spécimen contenait une très petite quantité, et l'autre une trace de nickel. 32. Pyrrhotine, mais d'après les renseignements, cette matière ne se montre pas en quantité. 33. Pyrrhotine massive. Examiné pour M. W. A. Allan. 34. Pyrrhotine presque pure et avec du quartz, du feldspath, du mica, de l'amphibole et du calcite. 35. Pyrite massive avec quelques parcelles de chalcopyrite et une proportion un peu forte de granite. 36. Pyrrhotine massive avec très peu de quartz 37. Extrait d'une partie différente du gisement. Pyrrhotine, un peu de pyrite et une très petite quantité de grenat noir et de pyroxène et très peu de quartz. Les n°s 36 et 37 ont été examinés pour M. W. L. Marler.

COLOMBIE BRITANNIQUE.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en portion métallique.	Analyste.
38	Près de l'entrée du détroit de Barclay. Ile de Vancouver. . ..	.....	.....	Trace.	Trace.	....	R. A. A. Johnston
39	Mine Monashee. près de la source de Cherry creek.....	.....	.....	Néant	Petite quant	...	R. A. A. Johnston.
4	Dist. d'Illecillewaet..	16·75	Présent.	0·12	Trace.	0·14	F. G. Wait.

COLOMBIE BRITANNIQUE.—*Suite.*

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en port. métallique.	Analyste.
41	Creek se jetant dans Downie creek 20t-milles en amontdu confluent avec la ri viére Columbia, dis. de West Kootenay.						
42	Ouest.	.....	.....	traces vague	.....	.....	R. A. A. Johnston
	Baie Crawford, lac Kootenay	.....	Présent.	Trace.	.....	.....	F. G. Wait.
43	Même endroit	10·70	Présent.	0·048	Néant	0·053	F. G. Wait.
44	Quelques milles N de Savona station, C. P. R., dist. de Yale	10·17	Présent	0·031	.....	0·034	F. G. Wait.
45	Entre les rivières N. Thompson et Clearwater	.....	Présent.	Trace.	....	.....	F. G. Wait.
46	Concession de Mission City, townships 17 et 18, dist. de Westminster	36·50	Présent.	0·055	Trace.	0·09	F. G. Wait.
47	Goulet de Jarvis	14·80	Présent.	0·24	Trace.	0·28	F. G. Wait.
48	Mine du Roi Solomon, campement de Kaslo-Slocan, dist. de West Kootenay.	0·36	.....	0·15	Trace.	.....	F. G. Wait.
49	Rive E. du lac Arrow Supérieur, à 12 milles environ du fond du lac. district de Kootenay Ouest.	.....	Présent.	.....	Néant	0·12	F. G. Wait.
50	Claim Monte Cristo., Trail creek, rivière Columbia	.....	Présent.	.....	Forte trace.	0·13	F. G. Wait.
51	Claim Iron Colt, Trail creek, rivière Columbia	14·50	Présent.	0·20	Forte trace.	0·234	F. G. Wait.
52	Claim Bunbury, près du Lac le Bois, région du plateau de l'intérieur	17·83	.....	0·065	Trace.	0·08	F. G. Wait.
53	Claim Humphrey, lac le Bois. région du plat. de l'intérieur.	59·20	.....	0·04	Trace.	0·10	F. G. Wait.
54	Quartz creek (R. Salmon), 20 milles au sud de Nelson	.....	.....	...	.....	Trace.	F. G. Wait.
55	Mine Kootenay - Columbia, 1¼ milles au N.E. de Rossland.	29·03	Présent.	0·65	Trace.	0·92	F. G. Wait.
56	Claim Queen Victoria, 8 milles O. de Nelson	37·15	Présent.	0·43	Trace.	0·68	F. G. Wait.
57	Mine Evening Star, versant oriental du Mt. Monte Cristo, 1 mille n. de Rossland	62·73	Présent.	0 25	0·59	Ni. 0 67 Co. 1·58	F. G. Wait.
58	Groupe de claims Leviathan, Campbel creek, côté oriental du lac Kootenay	61·84	Présent.	0·06	Néant	0·16	F. G. Wait.

COLOMBIE BRITANNIQUE.—*Fin.*

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en port métallique.	Analyste.
59	Claim R. & K., 1 mille N. de Argenta, district de West Kootenay...	.....	Présent.	0·05	"	.....	F. G. Wait.
60	Lac Kennedy, côte occidentale de l'Ile de Vancouver. .	7·50	"	0·15	Trace.	0·16	F. G. Wait.
61	Claim Two Sisters et Crow, Deer creek, Clayoquot, Ile de Vancouver..	41·00	Présent.	0·69	Trace.	1·70	F. G. Wait.
62	¼ Section N. E. ,Bloc I., côte occidentale de l'Ile Texada....	.....	.....	Trace vague.	.....	.....	R. A. A. Johnston
63	Près de Kruquot, côte occidentale de l'Ile Vancouver	.....	Présent.	Trace.	...	. . .	F. G. Wait.
64	Mt, O. de Ice river, 6 milles du confluent avec R. Beaverfoot, district de East Kootenay....	0·20	.....	0 12	Néant	0·12	F. G. Wait.
65	Berge septentr. de la Thompson, à 5 m. env. en amont de Lytton, d.. de Yale	17·72	Présent.	0·08	Trace.	0·097	F. G. Wait.
66	Lac Shuswap.	15·75	Présent.	Trace.	Néant	.. .	F. G. Wait.

EXPLICATIONS.

38. Pyrrhotine massive. Examiné pour le capitaine J. Jaques. 39. Association de quartz blanc transparent et de diorite vert foncé contenant de grandes quantités de pyrrhotine et un peu de chalcopyrite. 40. Pyrrhotine avec un peu de chalcopyrite et une petite quantité d'une ocre vert-foncé. 41. Roche quartzo-feldspathique avec une grande quantité de pyrrhotine. Examiné pour M. J. D. Boyd. 42. Pyrrhotine avec une très petite quantité de chalcopyrite dans du quartz. 43. Pyrrhotine avec de petites quantités de chalcopyrite et de graphite, quartz, feldspath et mica. Ces deux derniers échantillons ont été examinés pour MM. Cockle Bros. 44. Pyrrhotine massive, avec quelques taies de chalcopyrite et une petite quantité de quartz. Examiné pour M. J. Dickenson. 45. Pyrrhotine avec un peu de chalcoporite. 46. Pyrrhotine fine, granulaire avec un peu de pyrite et de chalcopyrite et une assez forte proportion de gangue. Examiné pour M. D. Elliott. 47. Pyrrhotine avec un peu de chalcopyrite et un peu de galène et une

petite proportion de gangue composée de quartz et de diorite à grain fin. 48. Pyrrhotine massive compacte dans laquelle sont disséminées de très petites quantités de quartz. Examiné pour M. H. E. Porter. 49. Quartz avec un peu de chlorite et de mica, contenant de petites quantités de pyrrhotine massive compacte, un peu de pyrite et quelques taies de chalcopyrite. Examiné pour M. R. Sanderson. 50. Pyrrhotine avec un peu de chalcopyrite et de petites quantités d'une gangue quartzeuse. 51. Pyrrhotine à grain excessivement fin, avec un peu de chalcopyrite et de petites quantités de gangue quartzeuse. 52. Roche feldspathique contenant de petites quantités de pyrrhotine. 53. Roche quartzo-feldspathique contenant de petites quantités de pyrrhotine. 54. Pyrrhotine et pyrite avec de petites quantités de calcite et de feldspath. 55. Pyrrhotine et chalcopyrite avec un peu de gersdoffite dans une gangue un peu calcaire. 56. Pyrite et chalcopyrite avec un peu de pyrrhotine dans une gangue d'andradite, de quartz et quelques écailles de mica. 57. Arsenopyrite et chalcopyrite dans une gangue d'amphibole et de calcite. On trouve aussi dans cette mine de la danaïte ou arsenopyrite cobaltifère, contenant 3.05 p.c. de cobalt (Rapp. ann. Com. géol., vol. VIII, 1895, partie R). 58. Quartz, avec un peu de feldspath, amphibole et graphite avec une petite quantité de pyrrhotine et très peu de chalcopyrite. Examiné pour M. F. W. Pettit. 59. Pyrrhotine massive, avec très peu de chalcopyrite et une quantité insignifiante de quartz et de feldspath. Examiné pour M. J. Turner. 60. Pyrrhotine massive avec quelques parcelles de chalcopyrite et une petite quantité de gangue composée principalement de grenat et de calcite, avec un peu de quartz et d'amphibole, 61. Chalcopyrite, avec une certaine quantité de pyrrhotine et un peu de quartz. Examiné pour M. F. Jacobson. 62. Pyrrhotine massive granulaire très fine. Examiné pour M. Alfred Reyer. 63. Pyrrhotine massive granulaire avec très peu de chalcopyrite. Examiné pour M. G. H. Franklin. 64. Pyrrhotine massive compacte, avec un peu de quartz. Examiné pour M. James Walker. 65. Pyrrhotine massive, granulaire, fine, avec un peu de pyrite et très peu de chalcopyrite et une gangue composée principalement d'amphibole et de quartz. Examiné pour M. Geo. de Wolf. 66. Pyrrhotine massive compacte avec un peu de chalcopyrite et une assez grande quantité de quartz. Examiné pour M. J. T. Edwards.

NOUVEAU-BRUNSWICK.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en portion métallique.	Analyste.
67.	L'Etete, comté de Charlotte.....	.....	présent	présent.		.....	R. A. A. Johnston.

EXPLICATION.

67. Pyrrhotine comme celle de St-Stephen avec un peu de chalcopyrite dans une pâte de diorite.

NOUVELLE-ECOSSE.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en portion métallique.	Analyste.
68.	Havre des Barrachois cté du Cap-Breton.	.....	.....	trace..	Néant	Trace.	R. A. A. Johnston.
69.	Lutche creek, comté du Cap-Breton....	25·40	.....	0·75	trace..	1·00	F. G. Wait.
70.	Boularderie Centre, comté de Victoria.	12·41	présent.	0·07	trace..	0·08	F. G. Wait.

EXPLICATIONS.

68. Pyrrhotine. Examiné pour M. Alex. McLeod. 69. Pyrrhotine avec une assez grande quantité de gangue siliceuse provenant de la terre de Mme O'Hanley, en arrière de la rivière George. Examiné pour M. Alex. McLeod. 70. Pyrrhotine massive avec quelques parcelles de chalcopyrite et un peu d'amphibole et de quartz. Examiné pour M. Haggerty.

DIVERS.

No.	Localité.	Gangue.	Cu.	Ni.	Co.	Nickel en portion métallique.	Analyste.
71	Deer river, (affluent de la R. Churchill, T.N.O.).....	42·20	.....	0·06	Trace.	0·10	F. G. Wait.
72	Ile au large de la pointe O. de la R. Kogaluk, Côte O de la baie Hudson, dist. d'Ungava.	48·0)	.....	0·08	Présent.	0·15	R. A. A. Johnson.

EXPLICATIONS.

71. Pyrrhotine dans une gangue de quartz, feldspath et un peu de mica et de graphite. Recueillie par M. D. B. Dowling. 72. Pyrrhotine massive avec une grande quantité de quartz.

LES GISEMETS DE NICKEL DE LA SCANDINAVIE.

Les gisements de nickel de la Suède et de la Norvège présentent pour nous un intérêt spécial en ce qu'ils ressemblent pour tous les traits essentiels aux gisements plus grands et plus riches de la région de Sudbury. Les dimensions de ce Bulletin ne permettraient certaine ment pas de rendre un compte complet ni même satisfaisant de ces gisements et des phénomènes divers qu'accompagnent leurs associations géologiques, aussi le lecteur est-il renvoyé pour ces détails aux travaux approfondis et monumentaux du professenr J. H. L. Vogt de Christiania Norvège ([1])

Tous les gisements de nickel scandinaves sont intimement liés aux massifs de gabbro ou de norite. En Norvège, il y a environ 40 de ces massifs auxquels sont associés des gisements de pyrrhotine nickelifère et ce sont les plus grands gisements de nickel de l'Europe.

Ces massifs qui sont indubitablement d'origine ignée, sont soit composés de grabbo qui est essentiellement un mélange de feldspath à plagioclase et d'augite ou de norite, roche intimement alliée, composée principalement de feldspath à plagioclase et d'hypersthène (pyroxène rhombique). Ces massifs de matières gabbroïques se présentent dans les schistes amphiboliques et dans les gneiss archéens, généralement pénétrant parallèlement à leur foliation ou à leur lamination, mais coupant souvent au travers. La norite de tous ces massifs présente une tendance remarquable à la différenciation, si bien que le massif, en différentes parties de son étendue, varie considérablement quant aux proportions relatives de ses minéraux constituant. Les principales espèces de ces produits différenciés sont souvent réparties en gabbro, gabbro à olivine et gabbro à pyrrhotine et en norite, norite à olivine et norite à pyrrhotine, tandis que les représentants décomposés se distinguent sous le nom de grabbo à ouralite.

---

(1) Vogt, J. H. L., "Nickel forekomster og Nikkelproduktion." Geol. Soc. Norway, Christiania, 1892. "Sulphidische Ausscheidungen von Nickelsulphiderzen." Zeit. für. Prak. Geol., 1893, aussi 1874, 1875, 1900 et 1901. "Ueber die Bildung von Erzlagerstätten durch Differentiationprocesse in Eruptivmagmaten." International Geol. Congress, Zurich, 1894. "The Formation of Eruptive Ore Deposits." Min. Ind. Vol. IV, 1895. "Problems in the Geology of Ore Deposits." Trans. Am. Inst. Min. Eng. Richmond, 1901. "Platingehalt in norwgischen Nickelerz." Zeit, für Prak. Geol., août 1902.

Le minerai est principalement de la pyrrhotine contenant, quand elle est pure, de 2.5 à 5 p.c. de nickel et de cobalt, mais on trouve quelquefois jusqu'à 7 p.c. Ces métaux se trouvent généralement dans la proportion d'une partie de cobalt pour sept à douze parties de nickel. Associées à la pyrrhotine (Fe_8S_9), il y a de la pyrite (FeS_2), de la chalcopyrite ($CuFeS_2$), et en certains endroits de l'ilménite et de la magnétite titanée. La pyrite contient généralement plus de cobalt que de nickel. Dans le minerai de nickel, en quelques endroits, le minéral, pentlandite (eisennikelkies) se discerne distinctement, ainsi que, dans un cas seulement, le minéral, : la cobaltite.

La pyrrhotine, la chalcopyrite et la pyrite sont les constituants réguliers du gabbro ou de la norite, qui se trouvent en petites quantités dans tous les différents massifs ; mais, comme tous les autres constituants de la roche. ils se trouvent plus abondamment en certains endroits, et l'on peut souvent observer une transition graduelle du grabbro normal au gabbro à pyrrhotine et aux massifs de pyrrhotine pure avec peu ou pas de mélange rocheux ou silicaté. Quelquefois le minerai se présente en massifs, nettement séparés de la norite comme à la mine d'Ertelien. Ces ségrégations de minerai sont, dans la grande majorité des cas, situées soit directement au bord des massifs ignés. soit auprès du bord, et Vogt considère ces enrichissements comme distinctement comparables aux lisières ou bordures basiques si souvent observées dans les granites ou autres roches ignées dans lesquelles les lisières basiques sont quelquefois marquées par de semblables passages graduels et aussi quelquefois par des transitions assez brusques.

Le Prof Vogt appelle l'attention sur le fait que la proportion moyenne entre le nickel et le cuivre dans le minerai norvégien est de 100 à 40 et 50, et que, dans les minerais de Varello, Piémont, Italie la même proportion à peu près subsiste, tandis qu'au Canada où les roches ignées sont d'une composition plus acide, on trouve quelquefois dans les gisements relativement plus de cuivre, 100 parties de nickel pour 100 ou 150 parties de cuivre.

Proportion du nickel au cuivre dans quelques-unes des mines scandinaves les plus importantes.

Nom de la mine.	Teneur en cuivre correspondant à 100 parties de nickel.	Pourcentages de nickel et cobalt dans la pyrrhotine pure.
Mine Grägalten	75–80	environ 2·50
Mine Klefva	55	" 2·75–3·00
Mine Ertelien	45–50	" 3·00
District de Bamle	35–40	" 3·50–4·00
Mine Flaad	37	" 4·50
Mine Senjen	35–40 (environ)	" 3·50–4·00
Mine Dyrhaug	30–35	" 3·80–4·20
Mine Beiern	20–25 (environ)	" 7 00

Les minerais scandinaves contiennent aussi de petites quantités d'argent, et de minéraux du groupe platine comprenant : le platine, l'iridium et l'osmium. La quantité de ces minéraux est indiquée par les analyses suivantes de matte des haut-fourneaux à nickel de Ringerike et Evje. (1)

	Ringerike %	Evje %
Nickel	51·16	41·50
Cobalt	1·98	0·97
Cuivre	16·41	23·60
Fer	10·87	(13)
Soufre	19·58	(20)
	g. par t.	g. par t.
Argent	85	140
Or	0·5	1 (environ)
Platinum	2·6	3 (environ)
Iridium	0·1 (environ)	.....
Osmium		.....

(1) Zeit. für Prak. Geol., 1902, p. 259.

L'association minérale des métaux précieux est indiquée dans le tableau suivant (²) des analyses de minerai de la mine Tead à Evye.

—	Ni & Co.	Cu.	Insoluble.	A .	Au.	Pt.
				g.	per.	t.
	%	%	%			
Pyrrhotine (principalement)....	4·37	0·35	9·02	4	Trace.	.....
	·50	0·60	16·00	Trace.	0	.....
	2·90	0·21	20·63	6	.....	.....
	3·31	0·67	17·46	Trace.	0	.....
Chalcopyrine et pyrrhotine....	2·60	8·00	18·90	44	Trace.	.....
	1·70	13·33	14·40	48	"	Trace.
Chalcopyrite.....	.....	.....	....	37	.....	.....
				80	.....	Trace.

L'exploitation du nickel a commencé en Suède entre 1838 et 1840 à Klefva (Smaland) et en Norvège entre 1847-50 à Espedal et Ringerike. En 1838, Berzelius a indiqué que la pyrrhotine de la mine Klefva, en Smaland, dans la Suède méridionale, contenait du nickel. Avant cette époque la mine avait été exploitée pour le cuivre. Quand il fut annoncé que le minerai contenait environ 3 p. c. de nickel, il fut décidé d'ériger un haut-fourneau à nickel, c'est la plus ancienne installation de ce genre en Scandinavie. Au commencement de 1840, M. Th. Scheerer, professeur de métallurgie à l'Université de Christiana, (il était né en Saxe et était administrateur des usines Modums) décrivit le nouveau minéral eisennickelkies (avec 22 p. c. de nickel) provenant d'Espedalen (Gausdal). M. Scheerer a annoncé aussi que presque toute la pyrrhotine et pyrite norvégiennes contenaient du nickel et du cobalt. La publication de ces résultats provoqua réellement la construction de l'installation d'Espedalen qui fonctionna sur une grande échelle entre 1840 et 1850 avec un personnel de 200 hommes. Ce haut-fourneau fut cependant fermé vers 1855. En 1837, M. Scheerer analysa la pyrrhotine de Modums et trouva qu'elle contenait 2.80 p. c. de nickel. Cette pyrrhotine provenait de la mine d'Ertelien qui plus tard devint la source principale d'approvisionnement en minerai du haut-fourneau à nickel de Ringericke. Vers 1700 cette usine avait été exploitée pour le cuivre et dans la première moitié du siècle dernier, une petite installation y fonctionnait pour la production du vitriol et de la peinture rouge. M. Scheerer avait fourni à son ami, M. A. Roscher (qui est désigné comme le des-

(2) Zeit für Prak. Geol. Aug. 1902, p. 258.

cendant d'un ingénieur des mines) l'indication de l'endroit où il avait trouvé de la pyrrhotine. Cet homme avait aussi travaillé aux fabriques de peinture de Modums et de Snarums. Cet ensemble de faits a contribué à établir l'industrie du nickel en Scandiavie.

Entre 1850 et 1860 et vers la fin de cette période, des mines de nickel reliées à l'usine de nickel de Kragero furent mises en exploitation par M. D. Forbes et par les deux frères J. et T. Dahll. Pendant la fureur du nickel, vers 1870, plusieurs raffineries de nickel furent installées en Norvège et, en même temps, les établissements de Suède, d'Autriche, de Hongrie et d'Italie fournissaient une grande quantité de nickel ; mais, pendant cette période, la Norvège fut la plus grande productrice de nickel du monde entier. Après la découverte du nickel en Nouvelle-Calédonie et son entrée sur le marché entre 1876 et 1878, le prix du nickel subit une baisse telle que la plupart des usines de nickel de l'Europe durent se fermer ou réduire leur production, et de 1870-80 à 1888-89, la Nouvelle-Calédonie a fourni des deux tiers aux trois quarts du nickel de tout le marché. Tout récemment, la production du nickel de la Nouvelle-Calédonie vient, à son tour, d'être dépassée par celle du Canada.

De 1848 à 1892, environ 330,000 tonnes métriques de minerai de nickel ont été extraites en Norvège. La production annuelle a trouvé son maximum en 1876 où 42,500 tonnes ont été extraites. Depuis lors jusqu'en 1892, la production annuelle a été de 5,000 à 7,000 tonnes par année. La teneur moyenne en nickel du minerai extrait par année a été comme suit : 1851-1860, 20 tonnes ; 1861-1872, 45 tonnes ; 1873-1876, 245 tonnes ; 1876, 360 tonnes, 1877-1880, 100 tonnes, 1881-1885, 125 tonnes ; 1886-1892, 105 tonnes.

Depuis 1892, la production du minerai de nickel et du nickel norvégiens a été comme suit :

	Tonnes métriques de minerai de nickel.	Valeur. $	Tonnes métriques de nickel métallique.	Valeur. $
1893.....	2,397	6,480	113	70,000
1894	2,355	5,400	103	63,450
1895.... ...	494	1,080	17	10,530
1896.....	315	.....	16	8,100
1897.... ...	néant	.....	néant	.....
1898..	néant	.....	néant	.....
1899.....	220	810	5	2,700
1900.....	1,888	12.690	13	9,720

La revue *Mineral Industry* signale qn'en 1891, 27 tonnes de nickel ont été extraites des minerais de Norvège mais que cette quantité est comprise dans la production des Etats-Unis, comme minerais importés.

On a trouvé dans quelques-unes des mines de petits gîtes de minerai de haute teneur, comme par exemple à Beiern, où l'on a rencontré du minerai avec une moyenne de 7 p.c. de nickel (pyrite nickelifère et pyrrhotine) et dans d'autres endroits, avec une moyenne de 5.5 p. c. environ. Dans les meilleures mines on peut quelquefois tirer du minerai de fonte de premier ordre, mais la teneur du minerai en général est bien inférieure. En 1870, les mineurs se contentaient d'un rendement de 0.8 à 1.3 p.c. de nickel pour la fonte de minerai qui donnait aux essais de 0.9 à 1.5 p. c. Plus tard lorsqu'on n'a exploité que les minerais de plus forte teneur et quand on a pratiqué le triage à la main avec plus de soin, le rendement a augmenté de 1.4 à 1.5 p. c. presque à 2.5 p. c. avec une moyenne de 2 p. c. Dans les mines le coût de production d'une tonne de minerai donnant à l'essai environ 2 p. c. de nickel, varie de $1.67 à $3.09, avec une moyenne de $2.38. (1)

De 1861 à 1891, la Suède a produit près de 80.000 tonnes de minerai. De 1866 à 1875, le nickel contenu dans les minerais suédois s'élevait en moyenne par année à 75 ou 70 tonnes ; de 1876-80, 50 tonnes ; 1881-85, 30 à 40 tonnes. Cependant depuis 1886, la moyenne de nickel contenu dans ces minerais n'a pas dépassé de 10 à 15 tonnes par année. La dernière année où il y ait eu une production quelconque de minerai de Suède a été l'année 1891, au cours de laquelle il a été extrait 483 tonnes. Aucune mine de Norvège, n'est actuellement en exploitation bien que l'on essaie de faire revivre l'industrie du nickel dans ce pays. Cependant l'active rivalité entre le Canada et la Nouvelle-Calédonie empêchera que les opérations prennent de l'importance avant plusieurs années du moins.

NICKEL EN EUROPE.

Le nickel fut pour la première fois produit à Schneeburg, à la suggession du Dr Geitner, qui construisit une installation pour la fabrication de l'alliage appelé " nouvel argent." On employait comme matière première les rebuts de l'usine de cobalt. Ces rebuts furent vite épuisés et il fallut alors chercher du minerai de nickel. Au commencement du siècle dernier on découvrit plusieurs petits gisements de nickel en Allemagne et en Autriche-Hongrie, comme par exemple à Dillenburg, dans le Nassau où fut érigé une usine de fusion en 1843 et à Dobschau, en Hongrie, etc.

Les gisements de nickel de Varallo, Piémont, Italie, sont analogues à ceux de Norvège, mais les dimensions des gîtes de minerai sont beaucoup moindres Les mines qui se trouvent à Cevia et à Sella Bassa ont été exploitées et le minerai en a été fondu de 1860 à 1870,

(1) Zeit. für Prak. Geol,, 1893, p. 143.

le haut-fourneau étant exploité par la même compagnie que les usines Schneeburg, en Saxe. Badoureau donne, pour chiffre de la production, 54 tonnes de nickel environ par année. (1)

En Espagne, en 1875, on a extrait 440 tonnes de minerai, mais les gîtes n'ont pas été exploités après 1877 ou 1878. Les mines qui sont situées dans la province de Malaga sont sur de petits gisements de silicate de nickel (pimelite) avec 3.96 p.c. de nickel.

A Rewdinsk, en Russie, on a essayé à différentes reprises d'exploiter les silicates magnésiens de nickel (rewdinskite) avec 4.8 à 19.2 p.c. d'oxyde de nickel, mais le gisement est petit. En 1873, 47·4 tonnes de minerai ont été extraites, et en 1887 4.8 tonnes de nickel métalliques ont été produites dans les trois premiers mois, d'où l'on a évalué la production annuelle à 40.9 tonnes de nickel.

Dans le Pays de Galles, en 1872, 38 tonnes, et en 1883 49 tonnes de minerai ont été extraites contenant 1.4 p.c de cobalt et 0.7 p.c. de nickel.

Le raffinage du nickel est une industrie très importante en Grande-Bretagne où les usines raffinent une grande quantité de minerai de nickel étranger. La plus importante de ces raffineries se trouve à Kirkintilloch (près de Glasgow), en Ecosse, et à Erdington (près de Birmingham), en Angleterre. Ces deux usines appartiennent à la compagnie "Le Nickel", de la Nouvelle-Calédonie, et emploient principalement comme minerai la garnierite. L'ancienne et fameuse raffinerie de cuivre et de nickel de Vivian and Sons, à Swansea, Pays de Galles, les raffineries de la Mond Nickel Co., à Clydach (près de Swansea), et à Smethwick (près de Birmingham), ainsi que les raffineries de Wiggins à Birmingham, emploient pour la plupart des sulfures de nickel étrangers.

En France, on n'a pas extrait de minerai de nickel, mais après la découverte du minerai de la Nouvelle-Calédonie plusieurs raffineries de nickel ont été construites, la première à Septêmes, près de Marseilles, où, de 1876 à 1882 on a fait des expériences en grand pour la production du ferro-nickel. Les fameuses usines de Christofle, à Saint-Denis, près Paris, ont produit entre 1870 et 1880, 120 tonnes de nickel métallique par année. Plus tard, l'usine "Le Nickel" fut construite au Havre. L'usine de cuivre à Eguilles (Vaucluse, près de Lyon), a plusieurs fois procédé à des expériences pour le raffinage du nickel et à l'exposition de Paris, en 1889, plusieurs échantillons ont été exposés

(1) Annales des mines, 1877.

qui provenaient de la bessemérisation d'après le procédé Manché et qui contenaient de 91 à 95 p.c. de nickel pur. (1)

Récemment, cependant, les mines de Martha et de Benno, en Silésie. Autriche, ont produit du minerai. En 1889, d'après la revue " Mineral Industry " 80 tonnes seulement de nickel ont été extraites, mais ceci s'est élevé à 3.896 à 1900 et pendant la demi année se terminant le 3o juin 1902, il y avait 1.036 travailleurs employés aux mines et aux usines, la quantité de minerai traité a été de 5,689 tonnes qui ont rendu 108 tonnes de nickel. Les mines sont situées à Kosemitz, Züsendorf et Gläsendorf à peu de distance au nord de Frankenstein. Elles sont décrites par Illner. (2) Le minerai qui contient de 0.5 à 3 p. c. de nickel, comble des fissures dans de la serpentine. Quelquefois ces filons contiennent de 4 à 18 p. c. de nickel. Deux mines seulement déjà citées sont en exploitation, la Martha avec deux fourneaux à chemise d'eau, capables de traiter 50 tonnes de minerai par jour. La composition du minerai varie comme suit : SiO_2 60-65.4 p. c. ; MgO 8·5-12 p. c. ; Fe_2O_3 et Al_2O_3 6-8 p. c. ; Ni 2·3-3·5 p. c. et perte au chauffage 8 à 15 p. c. Avant la fusion le minerai est au préalable mélangé avec du gyspe ou du sulfure de calcium et du calcaire broyé aux dimensions de 12mm et comprimés en briquettes. Le fourneau à air a 5 m. de hauteur et est chargé avec ces briquettes et du coke dans la proportion de 180 kg. de coke et 50 kg. de briquettes. Il se produit une scorie très fluide contenant 0.3 p. c. de nickel que l'on emploie pour fabriquer des briques de scorie. La matte se compose d'environ 31.4 p. c. de nickel, 49.7 p. c. de fer et 14.5 p. c. de soufre, elle est broyée et soumise à un grillage oxydant dans un four à reverbère à 2 étages qui a 6m. 13 de largeur et une capacité de production de 300 kg. en huit heures. Il y a à l'usine quatre fourneaux de cette espèce. La matte une fois grillée contenant environ 65 p. c. de nickel, 15 p. c. de fer et 20 p. c. de soufre est envoyée dans un convertisseur bessemer avec assez de sable pour scorifier l'oxyde de fer et soufflée pendant 45 minutes, ce qui porte la teneur en nickel à 77.8 p. c. Cette matte fine est pulvérisée et traitée à un grillage à mort dans le four à réverbère qui la convertit en un oxyde de nickel vert grisâtre, contenant 77.6 p. c. de nickel. Cet oxyde est pulvérisé, humecté, coupé en petits cubes, séché et chargé avec du charbon de bois dans des mouffles à briques réfractaires qui sont chauffés dans un fourneau à gaz régénérateur. Après trois heures de traitement dans ce four, le métal contient 99 p. c. de nickel et 0.3 p. c. de fer. Le dioxyde de soufre provenant du grillage est retenu dans de l'eau et la solution est neutralisée

(1) J. H. L. Vogt. "Nikkelforekomster og Nikkeiproduktion." Nor. Geol. Soc., Christiana, 1892, pp. 38-40.

(2) Zeit. für das Berg-Hutten-und-Salinenwesen, No. IV. 1802, p. 816 ; et Mineral Industry, Vol. X., pp. 485-486 et Vol. XI., p. 486.

avec de la chaux ; le sulfure de chaux qui en résulte étant employé comme fondant dans le fourneau.

On sait qu'il existe du minerai de nickel en Grèce, en Suisse et en Sardaigne, mais dans aucun de ces pays, les gisements ne sont assez importants pour permettre une exploitation profitable.

NICKEL AUX ÉTATS-UNIS.

L'existence du nickel aux Etats-Unis a été probablement connue pour la première fois lorsque Seth Hunt commença l'excavation du gisement de Cobalt près de Chatham, Conn. Cette importante découverte fut annoncée à la suite de l'analyse d'une expédition d'essai de ce minerai faite en Angleterre. (1)

Ces mines furent d'abord travaillées dès 1661 pour l'argent qu'on supposait y être contenu. Mais elles ne semblent pas avoir rapporté grand'chose aux propriétaires successifs qui tentèrent de les exploiter. En 1762, une nouvelle tentative fut faite et en 1770, plusieurs personnes s'associèrent pour exploiter leur teneur en cobalt. En 1787 une certaine quantité de cobalt fut expédiée en Chine. En 1853 la Chatham Cobalt Mining Co. fit une exposition très remarquée de ses mines et de ses produits.

Le plus connu peut-être des gisements de nickel des Etats-Unis est celui de Lancaster Gap, en Pennsylvanie, à trois milles à peu près au sud de la ligne du Pennsylvania Railroad et un peu plus de 50 milles à l'ouest de Philadelphie.

D'après l'histoire authentique, les mines du Gap avaient été exploitées pour leur cuivre avant l'année 1744, et la tradition dans le pays veut qu'elles aient été découvertes vers 1718. Pendant quatre-vingt ou quatre-vingt dix ans, elles n'ont rien rapporté aux diverses compagnies qui ont tenté de les exploiter, mais en 1869, après qu'elles fussent restées inactives pendant 30 ou 40 ans, la Gap Mining Co. fut constituée pour recommencer à en extraire le cuivre. Cette compagnie a extrait beaucoup de cuivre, suffisamment à peu près pour couvrir les frais d'exploitation, en vendant ses produits aux usines de Boston et de Baltimore. Dans toutes ces exploitations du début, le millerite et la pyrrhotine étaient rejetées comme inutiles, les mineurs les considérant comme du "mundic" ordinaire ou de la pyrite. Cependant, au commencement de 1852, le capitaine Doble qui était entré à l'exploitation d'abord comme mineur, mais qui s'était ensuite élevé au rang de surintendant, se convainquit que la matière jetée au rebut n'était pas du sulfure de fer ordinaire, mais quelqu'autre minéral. Les analyses

(1) Whitney. "The Metallic Wealth of the United States," 1854 p. 497 ; et Proc. Col. Sc. Soc., Vol. IV, 1891-93, p. 381.

d'échantillons envoyés à de prétendus experts de Boston et de Baltimore ne furent pas satisfaisantes, si bien qu'à la fin de 1852 ou au commencement de 1853, un échantillon fut envoyé au Prof. T. A. Genth, qui, après analyse, déclara que c'était un minerai de nickel et qui donna en même temps la proportion de nickel contenue. Ces mines qui s'étaient appelées jusqu'alors Gap Copper Mines, changèrent leur nom en celui de "Gap Nickel Mines", mais les frais d'extraction du minerai et surtout les difficultés des opérations de fusion rendaient l'entreprise trop coûteuse, si bien que tout l'établissement fut fermé en 1860. (1)

En novembre 1862, Joseph Wharton acquit possession de la mine du Gap et le gisement commença à produire du nickel en mai 1863 ; le minerai extrait était traité à la raffinerie construite par Wharton à Camden, en face de Philadelphie. Le développement des mines de la Nouvelle-Calédonie avait, en 1882, atteint de telles dimensions que la consommation mondiale du nickel métallique, qui avait été jusqu'alors de 800 tonnes environ par année, dépassait maintenant ce chiffre de plusieurs centaines de tonnes. Par suite de ce surcroît de production, les prix baissèrent immédiatement sur les ventes forcées et la raffinerie Camben de Whiarton fut obligée de se fermer à la fin de l'année. L'arrivée en grande quantité sur le marché du nickel de Sudbury vint encore déranger les affaires et finalement la "Gap mine" dut fermer en 1891.

La roche basique foncée à laquelle le gîte de minerai de la Gap mine est associée, forme un massif ou amas lenticulaire s'étendant sur 1,500 pieds environ, de l'est à l'ouest, et 500 pieds du nord au sud et gisant au milieu de schistes micacés de la série Georgetown de Fraser. La roche consiste surtout en amphibole verte secondaire, et bien que le changement soit très complet, des restants reconnaissables de pyroxène orthorombique ont été révélés après des recherches attentives dans un grand nombre de plaques microscopiques. De la biotite brun-rougeâtre et, dans quelques cas, beaucoup de plagioclase, apparaissent occasionnellement avec de la titanite accessoire. Le minerai consiste pour la plus grande quantité en pyrrhotine et chalcopyrite, mais la pyrite ne manque pas. On trouve aussi des croûtes de millérite secondaire et souvent ce minéral fournit une portion notable de la teneur en nickel. Bien que l'on ait trouvé un peu de minerai en paquets dans le massif de roche lenticulaire, le lieu de production est près des murs. Le gîte de minerai est presque, sinon complètement, vertical et la profondeur

(1) 2nd Geol. Surv. Penn., "The Geology of Lancaster Co.", CCC, 1880, pp. 163-176.

atteinte par l'exploitation était de 250 pieds et quelquefois les excavations avaient jusqu'à 30 pieds de largeur, Tel qu'extrait, le minerai contient 1.3 p.c. de nickel et 0.25 à 0.75 p.c. de cuivre, et 0.05 à 0.15 p.c. de cobalt. Le Prof. Kemp (à la description duquel sont empruntés les renseignements qui précèdent) croit que ce minerai est le résultat direct de l'action ignée, les gîtes de minerai s'étant concentrés sous cette forme en raison de la différenciation magnétique et ressemblant à cet égard aux gisements canadiens, norvégiens et italiens. (1)

La "Gap mine" a produit, à un certain moment, un sixième de l'approvisionnement mondial du nickel, bien que sa production totale soit portée seulement à 2,000 tonnes.

Les gisements de nickel associés à la péridotite des Appalaches nord est ont de temps à autre appelé l'attention publique, et plusieurs essais ont été tentés non seulement pour constater leur valeur économique et leurs dimensions, mais encore pour les amener à l'état de mines productrices. Le plus grand et probablement le mieux connu de ces gisements, est situé aux environs de la ville de Webster, capitale du comté de Jackson, dans l'ouest de la Caroline du Nord. Le gisement en question supporte une bande de terrain allant approximativement du nord au sud sur une distance d'environ 7,000 pieds, et de l'est à l'ouest sur près de 1,500 pieds. L'extrémité septentrionale du gisement touche directement à l'est à la ville de Webster. La station de chemin de fer la plus rapprochée est à Dillsboro, sur l'embranchement ou section de Murphy du Southern Railway, cette station se trouvant à 48.9 milles au sud-ouest de Ashville. Une route charretière réunit Dillsboro à Webster, la distance étant d'environ 3.5 milles. Le minerai est très se rapproche beaucoup la célèbre garniérite ou nouméaïte de la Nouvelle-Calédonie. C'est un silicate de magnésie ou de nickel hydraté, mais d'une composition très variable, particulièrement en ce qui a trait au remplacement mutuel du nickel et de la magnésie. Par suite, ce n'est pas un composé homogène. Il est amorphe, comblant certaines cassures avec des formes incrustantes, délicates, hémisphériques ou stalactitiques, généralement tendre et friable, tombant en morceau dans l'eau, onctueux au toucher et adhérant légèrement à la langue. Il varie en couleur, du vert jaunâtre pâle au vert pomme-foncé et l'intensité de la couleur correspond généralement à une augmentation de la teneur en nickel.

---

(1) Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXIV, 1894, pp. 622-631.

Analyses de la Genthite (nickel-gymnite), de Webster C. N.

	I	II
	°/₀	°/₀
Silice	49-89	55-38
Oxyde de nickel	16-60	17-84
Magnésie	22-35	15-62
Humidité	12-36	10-77
Alumine	.....	.....
Fe_2O_3 } Iron	.....	0-56
FeO } Oxyde	0-06	.....
Oxyde de cobalt	.....	.....
Total	100-26	100-17

Explication.

1. Analyse de genthite, de Webster C. N. par Dunnington (Ch. News, 25.270, 1872 et Dana, System of Mineralogy, 6e Edition, 1892, p. 676). II. Analyse par P. H. Walker (Am. Chem. Jour., 10, 44, 1888 et Dana, System of Mineralogy, 6e édit. 1892, p. 681).

Bien que, ainsi que nous l'indiquons, une partie du minerai contienne de 18 à 18 p. c. d'oxyde de nickel, il serait difficile de se procurer à l'extraction beaucoup de matériaux d'une aussi riche teneur et la plupart des veines riches de nickel sont occupées par un silicate verdâtre de nickel qui donne à l'essai de 5 à 7 p. c. d'oxyde de nickel. Beaucoup de cette matière filoneuse secondaire est mélangée avec de la péridotite relativement stérile, partiellement décomposée, si bien qu'il serait impossible d'opérer de séparation sur une base économique et le gros des matériaux que l'on pourrait extraire comme minerai donnerait à l'essai de 1.50 p. c. à 3 p. c. d'oxyde de nickel. Le minerai rendant à l'essai de 2 à 8 p. c. de nickel contient en plus, 0.02 0.10 p. c. d'oxyde de cobalt. Les gisements de nickel se trouvent en association intime avec un massif de péridotite, composé principalement de deux espèces qui sont sans aucun doute des produits différenciés d'un même magma, c'est-à-dire de la dunite, composée presque entièrement d'olivine et de chromite, et de websterite formée essentiellement d'un diopside vert brillant et de bronzite brun pâle. Le mode de présentation et l'origine de ces gisements sont précisément analogues à ceux que l'on voit en Nouvelle Calédonie, dans l'Orégon et ailleurs. Les travaux d'exploitation consistent en une série de tranchées ou de trous parallèles qui sont creusés, dans quelques cas, simplement jusqu'à la roche solide du dessous et dans d'autres jusqu'à une profondeur uniforme qui ne dépasse pas 30 pieds. Ces tranchées sont destinées à donner une idée

de l'abondance relative et de la disposition des fllons de matières de silicates. Un puits a été foncé, mais on ne sait pas jusqu'à quelle profondeur et l'on a entrepris aussi beaucoup d'explorations au perforateur diamanté.

On sait depuis longtemps que le nickel existe en quantités considérables dans le sud de l'Orégon et quelques-uns des gisements qui y existent sont regardés comme ayant une valeur industrielle. Le minéral appelé josephinite, un mélange de nickel (Ni 60.45 ; Fe. 23.22), a été décrit par M. W. H. Melville, comme se présentant sous la forme de galets et de cailloux polis dans les graviers d'alluvion d'un cours d'eau du comté de Joséphine, Orégon, qui sont supposés provenir de quelque dyke de roche ultra-basique dont on n'a pas encore pu découvrir l'emplacement. (1)

On a aussi remarqué de la pyrrhotine nickelifère dans les comtés de Jackson et de Douglas mais les silîcates de nickel du comté de Douglas sont les seuls minerais qui paraissent mériter autre chose qu'une notice passagère.

Les gisements se trouvent près du petit village de Riddles, dans la partie méridionale du comté de Douglas, station du chemin de fer d'Orégon et de Californie à 226 milles de Portland et à 547 milles de San Francisco. Les mines de nickel sont situées dans le mont de la Pinière (Piney Mountain), à trois milles à l'ouest de Riddles et sont reliées au village par une excellente route charretière dont les rampes sont aisées. Cette montagne, comme son nom l'indique, est couverte d'épaisses forêts s'élevant à une altitude d'environ 3,400 pieds au-dessus du niveau de la mer et présentant une arête unique dans une mer de montagnes. Elle a approximativement $1\frac{1}{2}$ mille de long par 1 mille de large et couvre ainsi une étendue d'a peu près de $1\frac{1}{2}$ mille carré dans laquelle on peut s'attendre à trouver des gisements de nickel. Les roches qui supportent cette étendue sont de la péridotite ou "saxonite" composée essentiellement d'olivine et d'enstatite avec une petite quantité de chromite et de magnétite accessoires. L'olivine prédomine et forme plus des deux tiers de la masse de la roche. Le minerai est du silicate de nickel et de magnesium et comme d'habitude,sa composition varie considérablement. Le mode de présentation et l'origine de minéraux de cette nature ont été déjà discutés en détails et le gisement de l'Orégon ne présente pas, de trait extraordinaire qui mérite de mention spéciale ou étendue. Les analyses suivantes sur des matériaux choisis avec soin montre bien la composition chimique du minéral de nickel pur, mais le gros

(1) Amer. Jour. Sc., Vol. XLIII, 1892, pp. 509-515.

du minerai que l'on pourrait obtenir économiquement et utiliser donnerait naturellement une teneur bien inférieure en nickel.

	I	II	III
Déperdition à 110° C.	8.97	6.63	7.00
" au chauffage.	6.69	.....	.....
Al_2O_3 et Fe_2O_3.....	1.18	1.38	1.33
SiO_2.....	44.73	48.21	40.55
MgO.....	10.56	19.90	21.70
NiO	27.57	23.88	29.66
Total.....	99.90	100.00	100.24

Explication—L'analyse I est par F. W. Clarke (Am. Jour. Sc., Vol. XXXV, pp. 468-487) ; N°s II et III sont par le Dr Hood (Min. Res. U.S., 1883, p. 404.)

La première découverte de ces gisements remonte à 1864, et à l'automne de 1881, M. W. Q. Brown obtint la haute main sur ce qui paraissait en être la portion la plus précieuse, transportant ses intérêts à une compagnie légalement constituée connue sous le nom d' " Oregon Nickel Mines ". On dit que près de $30,000 ont été dépensés à des travaux d'exploitation. En 1891, une partie de l'étendue nickelifère passa aux mains d'un syndicat de Chicago, l' " International Nickel Mining Co." qui a dépensé, dit-on, $60,000 en travaux de développement. Des préparatifs considérables ont été faits pour extraire et fondre le minerai, mais beaucoup des machineries achetées à cet effet n'ont jamais été mises en place. L'Anglo-American Nickel Co., constituée en 1893, et l'Oregon Nickel Mining Co. possèdent aussi des propriétés dans le voisinage. Les travaux de développement opérés sur ces gisements ne sont pas suffisants pour se rendre compte de leur valeur commerciale. Plusieurs tranchées à ciel ouvert, des passages sous-terrains et des puits sans profondeur ayant de 20 à 40 pieds ont été creusés, mais on n'a atteint, nulle part, une profondeur verticale dépassant 50 pieds. (1)

La mine Gem, dans le comté de Fremont, Colorado, mérite quelques détails parce qu'elle ressemble beaucoup, au point de vue de la composition géologique, aux gisements de Haileybury découverts l'automne dernier dans le nord d'Ontario. Le filon, à la mine Gem est dans un amphiboloschiste, et les minerais étaient principalement du cuivre, mais le nickel s'est bientôt montré, et à une profondeur de 15 à 20 pieds il est devenu très prédominant. De la surface à 75 pieds de

(1) Dr. W. L. Austin " Les gisements de nickel près de Riddles, Orégon." Proc Col. Sc. Soc., vol. V, 1894-96, pp. 173-196.

profondeur, le filon a une largeur moyenne de 3.5 à 4 pieds. En cet endroit, il disparaît en s'amincissant et, sauf sur une étroite veinule de minerai, qui est sans doute sa continuation et qui contient les mêmes minéraux de cobalt et de nickel, on ne trouve pas d'autre minerai plus bas. Les minéraux nickel-cobalt de cette mine sont accompagnés d'argent natif ; quelques-uns des spécimens de minéraux étant quelquefois tellement imprégnés de fils fins d'argent qu'on a du mal à les casser. En 1882, 12 tonnes de minerai, contenant 12 p.c. de nickel et 2-2.5 p. c. de cobalt, avec beaucoup de chalcopyrite, ont été expédiées au dehors. Plus tard, une demi-tonne de minerai trié, contenant 34 p. c. de nickel et 3-4 p.c. de cobalt, aété envoyée à Swansea, Angleterre. La mine, cependant, fit l'objet d'un procês et le gite de minerai était apparemment trop petit pour permettre des opérations minières importantes. (1)

Depuis la fermeture de la mine de Lancaster Gap, la production totale de nickel des Etats-Unis, provenant du minerai du pays sort de la mine la Motte, Mo. ; le métal est extrait comme produit secondaire du traitement des minerais de plomb. En 1899, cette production s'élevait à 22,400 livres, mais, en 1901, elle avait baissé à 6,700 livres, et en 1902, les 20 tonnes de matte contenant du nickel et du cobalt, qui furent raffinées aux usines de la mine la Motte Lead and Smelting Co,, ont rapporté 5,748 livres de nickel métallique. (2)

NICKEL DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE.

Les gisements de nickel de la Nouvelle-Caledonia jouissent depuis bien des années d'une réputation enviable, non-seulement à cause de la grande et constante production de minerai qu'ils ont donné, mais à cause du minerai de haute teneur qu'ils ont pu fournir à l'exportation. Depuis 1880 environ, jusqu'à 1888, ces mines ont produit les deux tiers ou les trois quarts de tout le nickel qui se trouvait sur le marché. A partir de cette dernière année cependant les mines du Canada ont commencé à accroître leur production graduellement et, en dépit de bien des circonstances adverses, il est probable que la quantité de nickel extraite des sulfures du Canada dépasse de beaucoup celle que produisent les silicates de la Nouvelle-Calédonie.

Le seul minerai de nickel que l'on trouve en Nouvelle-Calédonie est un silicate hydraté de nickel, dans lequel l'oxyde de nickel est, en quantité plus ou moins grande, remplacé par de la magnésie, de l'oxyde ferrique et de l'alumine. Le minerai est ascocié à de la calcédoine, un silicate magnésien ressemblant au meerschaum ou sepiolite, à de la

(1) Thomas Charlton. Proc. Col. Sc. Soc., vol. IV, 1891-93, pp. 420-421.
(2) Min. Res. U.S., 1902, pp. 265-266.

limonite ou fer de marais et à de la serpentine, Il y a aussi généralement de petites quantités de chromite et d'asbolite. Le mineral est entièrementvierge de soufre, d'arsenic ou de cuivre et bien que, à premièrevue, les gisements aient été regardés comme des matériaux du genre gossan produits par la décomposition atmosphérique des sulfures nickelifères, les travaux considérables déjà entrepris, n'ont pas amené la découverte de traces de ces matières même dans les excavations les plus profondes.

Le mineral garnierite ou noumeaïte, qui caractérise ces gisements a a été découvert en 1865 par M. Jules Garnier ; il fut signalé par lui en 1867 (1) et décrit par Liversidge en 1887. (2) Ce minéral est intimement allié à la nickel-gymnite décrite par Genth en 1851, et pour laquelle Dana a proposé le nom de genthite en 0867.

Comme l'indiquent les analyses suivantes, la composition chimique est très variale. La matière analysée a été choisie avec grand soin et donnera une bonne idée de la composition des espèces les plus pures de la garnierite et de ses relations intimes avec la sepiolite ou silicate de magnésie à laquelle elle est associée et à laquelle elle passe par gradations insensibles.

---

(1) Bull. Soc. Geol. de France, Vol. XXIV, p. 438, Paris, 1869.
(2) Jour. Chem. Soc., Vol. XII, p. 613, juillet 1874.

ANALYSES DE GARNIERITE DE LA NOUVELLE CALÉDONIE.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Silice	35·45	44·40	37·78	38·35	47·24	50·00	48·00	50·15	51·94	53·80	41·80
Oxyde de nickel	45·15	38·61	33·91	32·52	24·01	18·50	15·39	10·20	2·32	0·24	.....
Magnésie	2·47	3·45	10·66	10·61	21·66	15·80	16·92	17·43	21·35	24·82	37·38
Humidité	15·55	10·34	15·83	17·97	5·27	10·00	20·75	21·65	23·17	21·47	20·39
Alumine	.....	.....	.....	0·40	1·67	.....	.....	.....	1·36	.....	.....
	0·50	1·68	1·57	.....	.....	.....	.....	0·57	.....	.....	1·26
Fer Fe_2O_3	.....	.....	.....	1·15	.....	3·50	.....	.....	.....	.....	.....
Oxyde FeO.	.....	0·43	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Cao	.....	1·07	.....	.....	Traces.	2·70	.....	.....	.....	.....	.....
	99·12	99·98	99·75	100·00	99·85	100·50	101·06	100·00	100·14	100·33	100·83

6627 - 13

Explication : I. Analyse par Dann (Ber. Nied. Ges., 7 janvier 1878). II. Analyse par Garnier (Comptes-rendus, 86,684, 1878.) III. Analyse par Kiepenheuer (Ber. Nied. Gest. 14 juillet 1879). IV. Analyse de garnierite de Nakety, par Liversidge (Minerals of New South Wales). V. et VI. Analyses par Garnier (Société des Ingénieurs civils, 1887). VII. Analyse d'une espèce transparente, vert pâle de Oüaillon, par Liverlidge. VIII. Analyse d'un minéral semblable de la même localité par Liversidge. IX. Espèce vert pâle de la mine Bel Air, Kanala, par Liversidge. X. Autre spécimen semblable de la même localité. XI. Analyse par Garnier de filons blancs dans le minéral vert (garnierite) ressemblant à la sepiolite.

Au début de l'exploitation minière, il fut stipulé que le minerai devait contenir de 12 à 15 p.c. de nickel, mais maintenant le minimum a été réduit à 7 p.c. et on dit qu'il est difficile de se procurer plus de 60,000 à 70,000 tonnes par année de minerai de cette teneur ; cependant si les usines d'Europe voulaient abaisser leur limite à 55 p.c., la production pourrait être plus que doublée. De 1875 à 1884, M R. Flechner a calculé que la moyenne du nickel dans le minerai a été de 8.3 p.c., mais du Peloux dit qu'en 1884, 850 tonnes de métal ont été produites de 12,000 tonnes de minerai, ce qui correspond à une moyenne de 7.1 p.c. Croisille dit qu'entre 1880 et 1885, il a été produit 28,933 tonnes de minerai avec une moyenne de 10.5 p.c de nickel. Les premières années, une grande quantité de minerai contenant de 3 à 4 p.c. de nickel a été mise de côté comme impropre à l'exploitation, mais récemment ces rebuts ont été repris et une bonne quantité des matériaux ont été expédiés. La plus grande compagnie de la Nouvelle-Calédonie, "Le Nickel", dans son catalogue paru à Paris, en 1889, disait que les différentes teneurs de son minerai étaient de 8.10 et 12 p.c. de nickel. De 1876 jusqu'à présent le minerai a varié de composition comme on le voit à la colonne I ; à la colonne II se trouve la composition du minerai expédié en Europe en 1876 ; dans la colonne III se trouve la composition moyenne du minerai de fusion de la Nouvelle-Calédonie (d'après Levat) ; à la colonne IV se trouve la composition moyenne du minerai de nickel tel qu'il fut expédié en 1889, d'après E. A. Wineberg (Min. Industry, Vol. VIII, 1900, p. 435.)

——	I.	II.	III.	IV.
	%	%	%	%
Oxyde de nickel.	9 à 17	18 00	7 à 8	10·00
Silice	41 à 46	38·00	45 à 50	42·00
Oxyde de fer	5 à 14	7·00	14 à 16	10·50
Alumine	1 à 7	.....	3 à 5	2·50
Magnesie	6 à 9	15·00	10 à 12	22·00
Humidité	8 à 16	22·00	14·00	12·0
Chaux	.....	.....	.....	1·00

La teneur en nickel de la garnierite de la Nouvelle-Calédonie, récemment fondue a été de 7 p.c. de nickel en moyenne environ, mais tous les ans les produits manipulés et expédiés sont de plus en plus pauvres.

Le minerai est intimement associé avec une péridotite et ses divers produits de décomposition que l'on groupe sous le nom de serpentine. Des morceaux de cette roche, frais et sans décomposition, formés principalement d'olivine, contiennent, dit-on, jusqu'à 1 p.c. de nickel. Ces serpentines, qui couvrent une grande portion de la surface de l'île, forment une série de collines élevées de 400 à 4,000 pieds au-dessus du niveau de la mer, l'altitude générale étant de 2,000 pieds environ. Les gisements se trouvent habituellement au sommet de ces montagnes et le transport du minerai, des matériaux extraits et des approvisionnements est long et difficile et dans bien des cas, on a dû construire des routes très coûteuses et des voies aériennes pour des gisements qui ont ensuite été loin de réaliser les espérances fondées. Les gîtes de minerai sont de véritables "stock-works" recoupant dans toutes les directions la péridotite décomposée. Invariablement là où se trouve le nickel, la surface est recouverte d'un sol fortement ferrugineux où le minerai de fer pisolitique est très abondant. Bien que ces résidus décomposés de péridotite contiennent un peu de nickel, la plus grande partie de celui-ci en a été lessivée pour se déposer en filons secondaires de silicate de nickel dans des endroits inférieurs dont la profondeur varie ; les places favorables pour ces concentrations sont généralement dans le voisinage des plans de faille et de jointage. Les filons varient de dimension et vont de quelques pouces à trente pieds, quelquefois ; mais ils sont très irréguliers, à cet égard, et rétrécissent quelquefois graduellement, tandis que dans d'autres cas, de grands gisements se terminent abruptement sur la roche stérile. Ces filons ou gisements ont relativement peu de profondeur. Il est vrai qu'on a pu suivre une fissure jusqu'à 600 pieds de profondeur environ ; mais, généralement, les filons cessent à 75 ou 100 pieds au-dessous de la surface. En dehors du manteau ou couverture superficielle, d'où la plus grande partie du nickel a été lessivée, les gisements les plus riches sont ceux le plus près de la surface et les parties les plus élevées du gisement ont une teneur plus forte que les parties inférieures. Le peu de profondeur relative de ces gisements est cependant compensée par l'étendue de la zone qu'ils occupent et quelques-unes des mines ont rendu de 30,000 à 100,000 tonnes de minerai et sont toujours en exploitation. L'extraction se fait au moyen de tranchées à ciel ouvert et l'on recueille le minerai à l'aide d'une série de gradins. La pioche et la pelle suffisent habituellement pour ameublir et enlever le minerai, mais il faut quelquefois faire sauter à

la mine. Le minerai une fois mélangé convenablement est transporté par une série de voies aériennes aux tramways de transport qui le conduisent aux allèges d'où on le charge sur les navires.

On a essayé différentes méthodes pour l'extraction du nickel de ces minerais. Garnier dont le nom a été associé à ces gisements depuis la date même de leur découverte a essayé de fondre le minerai directement pour en tirer un fer en gueuse nickelifère qui devait ensuite être raffiné au four à reverbère pour former un ferronickel. La première partie du procédé réussit bien et la gueuse nickelifère, obtenue des plus riches morceaux contenait : 65-68 p. c. de nickel, 25-29-5 p. c. de fer, 1.5-2.5 p. c. de soufre, 3.5-5.5, p. c. de silice et de carbone se présentant comme graphite et 1.5 à 2.5 p. c. d'autres impuretés parmi lesquelles du phosphore. On a trouvé qu'il était impossible de travailler et de raffiner économiquement ce produit à cause de l'existence du soufre qui a une forte affinité pour le nickel. Différentes méthodes humides ont été essayées qui n'étaient en somme que l'application sur une plus grande échelle des méthodes suivies pour les analyses chimiques. Le minerai était d'abord dissous dans des acides et les métaux étaient enlevés au moyen de chaux ou de poudre à lessivage et finalement on obtenait une solution contenant le nickel seul. Dans cette condition il est facile d'extraire le nickel en fondant au charbon de bois le sel de nickel séché.

Plus tard on adopta une méthode sèche dans les opérations préliminaires. Dans les premières années, le minerai était fondu avec l'addition d'une pyrrhotine norvégienne spéciale contenant du nickel et du cuivre. Pour enlever l'excédent de fer et de cuivre, on fondait alors le minerai dans des fours bas à manchon et à circulation d'eau, avec des matières contenant du soufre (sulfure de chaux obtenu dans la fabrication de la soude par le procédé LeBlanc), ou avec le gypse. Le gypse qui est composé de chaux et de soufre est réduit ; le soufre s'unit au nickel, en raison de sa plus grande affinité pour ce métal et une portion en est prise par une partie du fer ; le reste se combinant avec la silice, la magnésie et la chaux et le restant du fer forme scorie. Cette scorie contient 48 p. c. de silice, 12-13 p. c. de fer et pas plus de 0.40 à 0.45 p. c. de nickel. La matte nickel et fer contient environ 50-55 p. c. de nickel, 25-30 p. c. de fer et 16-18 p. c. de soufre. Cette matte, en raison de sa plus grande densité coule au fond et permet d'enlever la scorie plus légère. La matte est ensuite grillée et une partie du soufre est enlevée de cette façon. Elle est fondue de nouveau avec du sable ; le nickel se combine encore avec la plus grande partie du soufre, laissant pour le fer une proportion relativement faible tandis

que le reste de celui-ci se combine avec la silice ou le sable pour former scorie. En répétant cette opération ou des opération similaires, le fer est finalement enlevé laissant un mélange composé essentiellement de nickel et de soufre qui est grillé avec du nitrate de soude pour produire de l'oxyde de nickel. Celui-ci est alors mélangé à du charbon de bois et réduit, par l'application d'une chaleur intense, en nickel métallique.

On a tenté, à différentes reprises de raffiner partiellement ces minerais en Nouvelle-Calédonie et des hauts-fournaux ont été construits et mis en marche à Noumëa et à Thio, ainsi qu'à Newcastle, Nouvelles-Galles du Sud, mais la difficulté de se procurer du coke, du fondant convenable et de la main-d'œuvre ont empêché de réussir et maintenant presque tout le minerai est exporté pour être fondu et raffiné. La plus grande partie est raffinée au Havre, ou la compagnie "Le Nickel" a de grandes raffineries, mais une grande quantité est aussi raffinée à Kirkintilloch (près Glasgow), Ecosse ; à Erdington (près Birmingham), Angleterre et à Iserlohn (Westphalie) Prusse. L'Engineering and Mining Journal du 20 mai 1899, signale qu'une cargaison de 3,000 tonnes de minerai de la Nouvelle-Caledonie est échantillonnée pour l'Orford Copper Co., le minerai devant contenir en moyenne 7 p. c. de nickel. La fusion de la Nickel Corporation Ltd., et de la Société Minière Calédonienne et leur entrée dans l'International Nickel Co., aura pour résultat la fonte par cette compagnie d'une quantité considérable du minerai de la Nouvelle-Calédonie à sa raffinerie de Constable Hook, N. J.

Bien que ces gisements aient été découvert en 1865 ce n'est qu'en 1873 que l'exploitation active fut entreprise. En 1880 la société Le Nickel acheta les mines célébres du Thio, mais n'a commencé à les exploiter qu'en 1887.

Les tableaux suivants représentent la production de minerai et de nickel des mines de la Nouvelles-Calédonie.

PRODUCTION DE MINERAI ET DE NICKEL DE LA NOUVELLE CALÉDONIE

Année.	Minerai extrait.	Minerai exporté.	Teneur en nickel.	Teneur en nickel.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1875	327	.....	.....	
1876	3,406	.....	.....	
1877	4,377	.....	.....	
1878	155	.....	.....	
1879		.....	.....	
1880	2,528	.....	210	
1881	4,070	.....	388	
1882	9,025	.....	719	
1883	6,881	.....	561	
1884	10,838	.....	904	
1885	5,228	.....	850	
1886	920	.....	150 ?	
1887	8,602	.....	1.350 ?	

PRODUCTION DE MINERAI ET DE NICKEL DE LA NOUVELLE CALÉDONIE.—*Suite.*

Année.	Minerai extrait.	Minerai exporté.	Teneur en nickel.	Teneur en nickel.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1888	6,616	.....	900 ?	
1889	19,741	.....	1,381	
1890	22,690	.....	1,633	
1891	35,000	.....	2,449	
1892	.....	.....	1,244	
1893	69,614	45,614	2,493	
1894	61,243	40,089	2,422	
1895	29,623	38,976	2,548*	(2,548)
1896	6,417	37,467	2,972*	(2,707)
1897	26,464	57,439	2,858*	(2,858)
1898	53,200	74,614	3,608*	(4,205)
1899	103,908	103,908	3,845*	(4,205)
1900	.....	100,319	4,676*	(4,526)
1901	.....	132,814	6,202*	(5,210)
1902	.....	.....	.....	(3,620)

* Teneurs en nickel du minerai raffiné en Europe d'après le "Mineral Industry." Les chiffres entre guillemets représentent la production de nickel de minerais de la Nouvelle-Calédonie, en France, Allemagne et Angleterre (d'après la Metallgesellschaft and Metallurgische Gesellschaft, août 1903, p. 23.)

MÉTHODES D'EXTRACTION EMPLOYÉES À SUDBURY.

Les méthodes généralement suivies dans la région de Sudbury pour extraire le minerai nécessaire consiste dans le forage de puits et l'excavation du gîte de minerai au moyen de niveaux souterrains, de galeries et de gradins, toutes ces opérations s'accomplissant sous un toit solide de roche. Ce travail demande peu de boisage, bien que dans quelques cas des accidents sérieux, entraînant la mort d'une ou plusieurs personnes, aient été causés par la négligence de poser même le moindre boisage indispensable quand il se produit des glissements accidentels, des failles ou des déviations. Cependant, règle générale maintenant, les mines et le toit sont très solides, toutes les précautions raisonnables sont prises contre les accidents par un rognage fréquent, soigneux et systématique, en enlevant tous les morceaux meubles ou menaçants de roches ou de minerai. La plus grande partie du minerai est cependant recueillie au moyen d'une combinaison de cette méthode et du système du ciel ouvert. Ce système est à proprement parler une espèce de carrière de profondeur ; c'est une méthode économique et avantageuse pour obtenir de grandes quantités de minerai ; ce sont sans doute les raisons qui ont contribué surtout à son adoption. D'un autre côté ,ces puits à ciel ouvert étant exposés aux caprices de la température, le travail est quelquefois extrêmement difficile pour les hommes et doit même être complètement interrompu dans les grands froids ou par les mauvais temps. De plus, ce système présente un obstacle très sérieux en ce qu'il est beaucoup plus dangereux pour les hommes, et malgré les inspections, les rognages fréquents, de gros morceaux de roche et de minerai peuvent se détacher sous l'action de la gelée, de la pesanteur ou d'autres forces. Dans ces derniers temps, on a paru beaucoup plus disposé à abandonner graduellement le système d'exploitation à ciel ouvert et à enlever le minerai au moyen de niveaux et de gradins à intervalles réguliers, en dessous de ces fonds de puits, en traversant fréquemment le gîte de minerai par une série de galeries d'allongement à travers-banc. Finalement après avoir installé un montage et fait un toit arqué, on creuse une descenderie en gradins au niveau inférieur et le minerai est hissé au moyen de treuils. Les piliers et supports qui sont nécessaires restent seuls debout et les espaces intermédiaires sont comblés avec de la roche et du minerai trop maigres pour être utilisés et le tout est complémenté, si c'est nécessaire, de matières provenant des rebuts.

Le système de travail à ciel ouvert qui jusqu'à présent a été préféré dans cette région, consiste d'abord dans le fonçage d'un puits des

dimensions requises creusé à angle variable, cette inclinaison étant gouvernée principalement par le plongement général et la direction du gîte. Ce puits assure les facilités nécessaires pour la montée du minerai et en même temps fournit une descenderie pour l'entrée et la sortie des travaux souterrains au moyen d'échelles avec des paliers à des intervalles fréquents.

L'excavation la plus large de la région est celle de la mine de Creighton où le 1er juillet dernier (1904) le minerai était monté d'une tranchée à ciel ouvert ou carrière mesurant environ 350 pieds de longueur par 275 pieds de largeur et 62 pieds de profondeur. Ce puits qui porte le nom de mine N° 2 de la Canadian Copper Company a été foncé à la fin de janvier 1903 sur une cheminée de minerai qui s'agrandit en dessous du niveau de 200 pieds. Au fond du puits à ciel ouvert, qui a atteint le troisième niveau à 217 pieds au-dessous de la surface, le diamètre moyen est de 120 pieds. Le nouveau puits vertical avait à cette même époque atteint une profondeur de 390 pieds, le cinquième niveau se trouvait à 374 pieds. A la mine Victoria, le puits principal a été foncé à une profondeur de 557 pieds avec différents niveaux, galeries et gradins. Le puits à ciel ouvert, dans la partie ouest de cette mine, mesure 70 pieds par 125 à la surface et se retrécit graduellement à 50 par 100 pieds au premier niveau.

Chaque mine, aussitôt que sa constance est assurée est munie d'un chevalement avec une double voie de bennes venant de la mine. Les bennes ont une contenance de $1\frac{1}{2}$ tonnes chacune et sont hissées au sommet du chevalement, elles se vident automatiquement sur un grand tamis classeur "grizzly" qui sépare le minerai fin du gros. La plus grande partie du minerai est brisée au marteau et réduite aux proportions convenables pour le concasseur dans la mine, mais quelque fois aussi cette opération se pratique sur le plancher du chevalement. Le minerai grossier tombe près de l'ouverture du concasseur Blake 15 x 9, mis à environ $1\frac{3}{4}$ pouces qui a une capacité de 20 tonnes par heure (ou 400 tonnes pour les deux relèves ordinaires de 10 heures chacune). Quelquefois, comme à la mine Creighton, il y a deux de ces broyeurs, mais généralement un est considéré suffisant. Le minerai passe ensuite dans la partie supérieure d'un crible trommel tournant, légèrement incliné, où il est trié en trois catégories pour les operations postérieures de grillage. Le fin passe par les trous des mailles de $\frac{3}{4}$ pouce dans le crible trommel : le moyen ou déchiqueté par les trous $1\frac{3}{4}$ et le grossier est rejeté à l'extrémité inférieure du crible et pris sur une table de triage à secousse légèrement inclinée aussi dans le sens de la longueur. Les secousses de cette table font voyager les morceaux de minerai

avec une rapidité limitée pour permettre à un certain nombre de jeunes garçons placés le long du crible, de ramasser et de rejeter une proportion considérable de la roche stérile ou du minerai de très maigre teneur et laisser en même temps les minerais plus purs ou de plus haute teneur de continuer leur route jusqu'aux boîtes à minerai. Le minerai de chacune de ces dimensions tombe dans une série de boîtes distinctes d'où il est chargé automatiquement, suivant la catégorie requise au moyen de trémies inclinées en acier sur des wagons à voie réglementaire et traînés par des locomotives jusqu'aux chantiers de grillage. Pendant tout le temps que s'exécutait le relevé géologique des mines de Copper Cliff, il y avait en opération trois chantiers de grillage. L'ancien qui a été nivelé par le Dr E. D. Peters est situé directement à l'ouest de la vieille usine de fusion ou usine de l'Est et mesure à vue d'œil 2,000 pieds de longueur et 125 pieds de largeur. On s'en sert toujours et l'enlèvement des bâtiments de l'usine de l'est qui va se faire prochainement portera ses dimensions à 3,000 pieds. Pendant quelques années on s'est servi d'un petit chantier de grillage, à mi-chemin environ entre la mine primitive du Copper Cliff et l'Ontario Smelting Works. L'emplacement de ce chantier qui mesurait 1,000 pieds environ par 125 est indiqué sur les cartes à grande échelle, mais il a été abandonné à cause de sa proximité des ateliers et des habitations, ce qui causait quelquefois les plus grands dérangements aux ouvriers et aux résidents. Le chantier de grillage principal actuellement employé et qui peut être considérablement agrandi est situé au nord-est de l'usine de fonte de l'ouest, vers le chemin de fer du Manitoulin et North Shore. A l'époque où se faisaient les relevés, il avait 2,700 pieds de longueur et 150 pieds de largeur et on aurait très bien pu le porter à 4,000 pieds. On peut voir par là, que sans grand effort, on peut disposer dès maintenant de terrains de grillage d'une capacité de 250,000 à 300,000 tonnes. Beaucoup des mines situées à Copper Cliff sont naturellement à proximité des chantiers de grillage, mais la plus grande partie du minerai utilisé à présent par la Canadian Copper Company provient de la mine de Creighton et arrive par le chemin de fer de Manitoulin et North Shore, d'une distance de 7½ milles environ pour être débarqué à Clarabelle Junction, un mille à peu près au nord-est du chantier de grillage principal. Le minerai de la mine de Stobie doit être apporté par un embranchement du chemin de fer à Sudbury à une distance d'environ 3½ milles, puis il est expédié par l'embranchement du "Sault" du C. P. R. au chantier de grillage méridional à Copper Cliff, à une autre distance de 4 milles environ. Le minerai de la mine Frood, ou N° 3, doit être d'abord transporté à la mine Stobie,

par un embranchement de 1·25 milles et de là, par la route qui vient d'être indiquée, de la mine Stobie à Copper Cliff. Aucune de ces mines n'est cependant exploitée maintenant car on peut se procurer plus facilement à la mine Creighton une abondante quantité de minerai de très haute teneur. Aux mines Victoria, de la Mond Nickel Company, un tramway aérien transporte le minerai de la mine au chantier de grillage et de là à l'usine.

MÉTALLURGIE.

On doit tenir compte des opérations suivantes dans la production du nickel et du cuivre d'un minerai de sulfure :

1° Traitement du minerai pour obtenir des mattes de nickel et cuivre de basse teneur,

2° Traitement de la matte nickel et cuivre pour obtenir de la matte-nickel et cuivre concentrées.

3° Traitement de cette matte pour les alliages nickel et cuivre.

4° Traitement de la matte nickel et cuivre concentrée pour la matte de nickel.

5° Traitement de la matte de nickel pour l'oxyde de nickel et pour le nickel métallique.

Les deux premières de ces opérations s'accomplissent aux usines de fusion de la région de Sudbury.

GRILLAGE.

Le traitement métallurgique de ce minerai commence au chantier de grillage où il est apporté des mines et empilé en tas convenables sur un bûcher de bois à brûler disposé au préalable, puis exposé à l'action de courants d'air lorsqu'il a atteint une haute température sans fusion, ou, au plus, avec un commencement de fusion. Le but de ce grillage est de produire l'oxydation du fer et incidemment celle du soufre aussi complètement que possible sans entraîner une déperdition excessive de métal dans les scories de la fusion qui suivra et ensuite d'expulser l'arsenic s'il s'en trouve. Sauf peut-être la mine Worthington et quelques autres gisements du voisinage, aucun des minerais de la région de Sudbury ne contient une quantité appréciable d'arsenic ou d'antimoine. Si l'oxydation est très imparfaite, la matte qui en résultera contiendra tant de fer que son expulsion sera déraisonnablement coûteuse et si l'oxydation est trop complète, il se produira une déperdition inutile en fondant le minerai grillé. Aux mines de Copper Cliff et de Victoria,

la Canadian Copper Company et la Mond Nickel Company n'ont ménagé aucune dépense pour la construction et l'installation de leurs chantiers de grillage. Les emplacements choisis étaient des platières ou des savanes qui ont été ensuite comblées, tout obstacle ou accident de terrain étant enlevé et égalisé, puis on leur a donné une pente douce et l'on a exécuté un drainage parfait qui enlève immédiatement tout vestige de pluie ou toute humidité qui pourrait séjourner. Ces précautions sont indispensables pour empêcher la déperdition de métaux sous forme de sulfates solubles. On a fréquemment affirmé qu'on obviait ainsi à toute déperdition d'une importance sérieuse, mais jusqu'à présent on n'a pas essayé de déterminer quelle quantité était réellement enlevée par la pluie et par la fonte des neiges. Lorsque le feu a été mis au bas des tas, il se forme rapidement une croûte qui contribue beaucoup, croit-on, à empêcher la déperdition, mais si le temps est mauvais, si l'humidité est persistante, et si la tempête se prolonge, une grande quantité de métal doit évidemment être enlevée. Il s'agit de savoir s'il y a moyen d'empêcher cette déperdition. Les creux dans les tas brûlés se couvrent de stalactites dont l'une, analysée par M. Donald Locke, a donné la composition suivante : Cu O, 8.42 p.c. ; Ni O, 10.21 p.c. ; Fe O., 7.18 p.c. ; S O_3, 27.53 p.c. L'eau des marécages voisins a, elle, aussi, une teinte bleuâtre, et si l'on y plonge un objet de fer il se recouvre immédiatement d'une mince couche de cuivre.

Le grillage en tas, en plein air, comme il se pratique à Sudbury, si la température est favorable, est certainement un mode de traitement ancien, simple, bon marché et très effieace pour l'élémination de l'excédent de soufre embarrassant, des minerais de sulfures de basse teneur. Des expériences et des essais ont été faits pour recueillir par les présentes méthodes ce soufre d'une façon profitable, mais la teneur en soufre ayant une moyenne de 16 à 30 p.c. et atteignant généralement ce premier chiffre avec du fer allant de 33 à 50 p.c., est approximativement trop basse pour permettre de l'extraction d'une façon économique.

Titus Ulké (1) dit que " en 1902 on a démontré l'impossibilité commerciale de griller à bon marché les minerais de pyrrhotine nickelifère de Sudbury, ayant une teneur moyenne inférieure à 25 p.c. de soufre, dans les fours Herreshoff, en vue d'utiliser le gaz acide sulfureux ainsi obtenu pour faire de la pulpe sulfurique ou de l'acide liquide. L'emploi des résidus grillés à mort pour faire du ferro-nickel a été trouvé aussi commercialement impraticable. Il est reconnu que si le grillage dans le four Herreshoff ne peut pas se faire surtout sans l'as-

(1) Min. Industry, vol. XI, 1903, p. 490.

sistance de chaleur étrangère, le coût, comparé à celui du grillage en tas, est inabordable, et que d'ailleurs la proportion moyenne d'acide sulfureux dans le gaz produit est trop basse pour être employée à la fabrication économique du bisulfure de chaux propre à la préparation de pulpe sulfurique." D'un autre côté, M. E. A. Sjostedt (1), métallurgiste de la Lake Superior Power Company, qui a pris l'initiative de ces essais et les a exécutés, prétend que ce procédé a réussi d'une façon satisfaisante, la pyrrhotine se grillant sans chaleur étrangère et produisant de l'acide sulfurique en quantité plus que suffisante pour compenser le prix de conversion du minerai brut en briquettes.

Le résultat des opérations de deux semaines en 1903 fait voir que l'on a recueilli en moyenne 86.4 p.c. de soufre et que les dépenses totales de cette opération ont été de $1.86 par tonne de minerai. Voilà le témoignage contradictoire de deux experts qui ont étudié le fonctionnement pratique du procédé, mais l'opinion générale paraît être que ces essais très approfondis n'ont pas réussi, bien qu'ils aient été faits sur une base commerciale, par des ingénieurs habiles et avec les meilleurs appareils dont on pût disposer. Le fait que la Lake Superior Power Company, au cours de ses dernières opérations dans le district de Sudbury, a virtuellement adopté en général le système de grillage en tas, puis de fonte, semble venir à l'appui de l'opinion exprimée par M. Ulké.

Les émanations sulfureuses des tas de grillage ont détruit la majeure partie de la végétation sur une zone d'un à deux milles autour de Copper Cliff et ont eu un effet destructeur sur la jeune végétation surtout sur les arbres et les plantes jusqu'à la ville de Sudbury. Dans le voisinage immédiat de Copper Cliff la destruction des plantes et des arbres a été complète et il est impossible de voir quelque chose de plus désolé que l'argile fine et blanche ou limon des plâtières que perçent à intervalle quelques monticules rocailleux abruptes, sans arbres, sans même un brin d'herbe pour en rompre la monotonie. Dans ces dernières années, la végétation s'est en quelque sorte accoutumée aux émanations de soufre et par suite, la zone atteinte par ces émanations s'est assez circonscrite. L'érable semble résister le mieux à l'action du soufre et l'on peut voir des arbres de cette espèce assez verdoyants dans le voisinage immédiat des chantiers de grillage. Ce qui ajoute encore à la désolation du tableau c'est que les maisons sont en bois, rarement peintes et la plus grande partie du sol est couverte de troncs d'arbre à demis pourris, de souches arrachées qui ont toutes cette teinte brunâtre due au soufre qui est un excellent préservateur.

(1) Eng. and Min. Jour., 25 avril 1903.

D'un autre côté, toutes les clôtures en fil de fer, les fils télégraphiques et les ustensiles de fer se rouillent rapidement, se rongent et doivent être fréquemment remplacés. La disparition de l'un des chantiers de grillage a eu un effet marqué et l'on commence même à s'apercevoir des avantages qu'on en peut attendre ; car les deux chantiers restant sont situés à l'est et au nord de la ville et par suite les vents prédominant qui viennent du sud-ouest ont une tendance à balayer ces émanations. A l'instigation et sous la direction du président et administrateur général, M. A. P. Turner, on replante des arbres, on nivelle certaines places et on y plante du gazon, on construit des chemins et des fossés et l'on redresse de lit tortueux d'un petit cours d'eau qui traverse la ville. Il faut espérer que ces efforts pour l'embellissement du lieu auront tout les succès qu'ils méritent et déjà la ville a pris un nouvel aspect, grâce à ces améliorations. Les émanations qui ne contiennent pas d'arsenic ne semblent pas avoir d'effet délétère sur les hommes ni sur les animaux, sauf en certaines occasions quand elles sont très denses et accompagnées de brouillard ; alors elles provoquent une sensation particulière d'étouffement et d'étranglement accompagnée, quelquefois, mais assez rarement, de saignements de nez. Les résidents ont l'air d'être en excellente santé, de ne pas souffrir d'indisposition extraordinaire et quelques-uns affirment même que le soufre est un remède infaillible pour le catharre, la consomption et autres maladies analogues. Les gens du pays, se plaignent au début d'une sensation d'étranglement qui disparaît graduellement et ceux qui ont résidé là assez longtemps, se trouvent privés en allant vivre autre part de ne plus respirer le soufre et ressentent un appétit mal défini et inexprimable pour cette atmosphère apparemment lourde, mais qui leur plaît.

A la mine Murray, on a construit un grand hangar avec de nombreuses grandes cheminées pour griller le minerai pendant l'hiver, mais cette tentative n'a réussi en aucune façon. Les compagnies n'ont pas dans le passé mis grand soin à choisir l'emplacement de leurs chantiers de grillage et le minerai a été empilé en tas, comme la conformation du sol le permettait, presque sans préparation, sans nivellement, ni assèchement. La perte matérielle résultant de ce manque de soin doit avoir été d'une certaine importance. Le combustible que l'on se procure le plus facilement et le plus employé est le pin mort et sec, qui se dresse souvent dénudé comme de grandes perches témoins de grands incendies qui ont dévasté la région il y trente-cinq ans. Dans les premières années d'exploitation, on trouvait du bois facilement et à bon marché, mais les grillages considérables et répétés ont consommé tout celui qui

était à portée et, maintenant, il faut faire venir ce bois par chemin de fer de distances considérables, et souvent même y mélanger au bois de chauffage ordinaire. Aux mines Victoria, cependant, il y a un approvisionnement de ce pin sec pour des années à venir ; il est charroyé en traineau pendant l'hiver de toute la zone avoisinante. Le pin sec est excellent pour cet usage parce qu'il s'allume facilement et donne presque immédiatement une chaleur courte quoique intense qui sert à enflammer complètement le tas, et celui-ci une fois pris continue à brûler à cause du soufre qu'il contient.

Les tas de grillage sont de forme rectangulaire et leurs dimensions varient de 40 pieds par 60 avec 7 pieds de hauteur, à 60 pieds par 120 pieds, 18 pieds de hauteur ; ils contiennent en général de 200 jusqu'à de 3,000 tonnes de minerai. Les petits tas de 200 tonnes sont de la " matte divisée " dont nous reparlerons. Les tas de minerai n'ont jamais moins de 600 tonnes environ. Des tas de 800 à 1,000 tonnes se consument en 40 ou 50 jours, les plus gros tas prenant de 3 à 4 mois. On a vu des tas de 4,000 tonnes, les plus gros que l'on ait essayés, et qui d'ailleurs n'ont pas réussi, brûler de 6 à 7 mois. Le minerai est empilé sur un lit de bois fendu, on emploie environ une corde par vingt tonnes de minerai. Ce bois sert à mettre en marche l'oxydation du soufre, du fer, du nickel et du cuivre, le soufre se changeant en acide sulfureux, le fer en oxyde de fer, le nickel et le cuivre sortant en sulfates. Le soufre qui existe, en moyenne, en proportion de 25 p.c., est réduit à 6 ou 8 p.c. environ, et le fer est en grande partie oxydé en oxyde ferrique ; les gangue et norite associées sont rendues plus ou moins poreuses ou désagrégées par l'inflammation et l'oxydation du minerai. Une analyse de minerai grillé, faite en décembre 1888 a donné à M. F. L. Sperry 5.40 p.c. de cuivre, 2.43 p.c. de nickel, 7.92 p.c. de soufre et 25 p.c. de fer, le reste est de la gangue, surtout de la norite et de la diorite. M. L. P. Silver (1) dit qu'un échantillon moyen de minerai grillé lui a donné 3.25 p.c. de cuivre, 2.16 p.c. de nickel, 8.32 p.c. de soufre, 25.61 p.c. de fer et le reste est de la gangue.

M. Donald Locke dit que le minerai grillé, employé en 1902 par la Canadian Copper Company, donnait à l'essai environ 1·5 p. c. de cuivre, 2·5 p. c. de nickel, 6 p. c. de soufre et 26 p. c. de fer. A la Mond Nickel Company, on n'a pas fait d'essais du minerai grillé, car sa composition est très variable et il est très difficile de recueillir des matières qui le représentent. Il faut ajouter un dixième aux essais du minerai brut pour permettre au préposé aux fourneaux de composer une charge de fonte.

(1) Jour. Can. Min. Inst., vol. V, 1902, p. 544.

Quand il y a abondance de minerai fin, en plus de ce qui est nécessaire pour couvrir et finir les tas, l'excédent sert à couvrir sur une épaisseur de cinq pouces environ le sol où doit être construit le tas de grillage. Les matières forment ainsi un "Gateau" en grillant et après avoir servi à plusieurs grillages elles sont brisées et employées comme minerais grossiers parce qu'elles ont subi seulement un commencement d'oxydation. Ces tas de grillage sont construits comme ceci : l'emplacement est choisi suivant les circonstances, il est couvert de fin, comme nous venons de le dire. Des bouts de bois de chauffage de longueur uniforme sont posés côte à côte perpendiculairement aux deux côtés et aux deux extrémités de l'étendue rectangulaire. L'intérieur peut être rempli avec de vieilles souches, d'anciennes traverses, du bois de chauffage ordinaire, enfin, ce que l'on a sous la main, mais les morceaux doivent être disposés de façon à offrir une surface solide et horizontale sur laquelle le minerai devra reposer. On met dessus du petit bois et des copeaux pour remplir les plus grands interstices, en ayant soin de laisser de petits conduits remplis de bois d'allumage, tous les huit ou neuf pieds allant de l'air extérieur au centre du tas. Ces conduits communiquaient primitivement avec des cheminées pratiquées le long du centre pour allumer complètement et rapidement tout le centre Ces cheminées étaient généralement bâties à l'aide de quatre poteaux et de vieilles planches clouées ensemble de façon à laisser une ouverture communiquant dans le tas avec les passages de tirage. Cinq ou six de ces cheminées suffisaient pour chaque tas et elles dépassaient de deux pieds environ la surface du tas pour qu'il ne puisse pas tomber de morceaux de minerai dans l'ouverture destinée au tirage. Cependant ces précautions pour assurer l'allumage ne sont pas nécessaires, et les conduits inférieurs suffisent parfaitement à cette fin ; de plus, on a trouvé que les cheminées avaient pour résultat de produire une chaleur locale trop intense dans leur voisinage immédiat, tendant à causer un commencement de fusion et de formation de matte dont il faut soigneusement se garder. Le lit de bois à brûler varie de 9 à 18 pouces d'épaisseur suivant les dimensions du tas. Ce lit de combustible étant achevé, on transporte avec des brouettes du minerai grossier, pour 65 p. c. environ du tas total, le transport se fait au moyen de wagons traînés sur une plateforme étroite et primitive échafaudée dans le sens de la longueur du tas Cette méthode est suivie à la Mond Nickel Company et aux mines Victoria, bien que, dans quelques cas les bennes du tramway aérien soient déviés de la ligne principale au moyen d'une ligne d'embranchement ou d'une ligne accessoire, de façon à les amener juste au-dessus du tas. Les bennes sont alors abaissées et le minerai qu'elles contiennent est

versé exactement à l'endroit requis. Le minerai de dimension moyenne ou "déchiquetage" mesure peu près de la dimension du charbon "chestnut" est alors étalé soigneusement sur le minerai grossier et finalement, tout le tas est recouvert de fin jusqu'à ce qu'on atteigne de 6 à 18 pieds de hauteur, suivant la dimension du tas. La construction, une fois achevée doit être régulièrement rectangulaire avec des angles nettement marqués et les faces doivent avoir une pente aussi raide que le permet le maintien du minerai dans sa position naturelle, c'est-à-dire 45°.

Le tas est maintenant achevé et il ne reste plus à découvert le long de la pile que ces ouvertures communiquant avec les conduits. Du bois d'allumage ou des rebuts de coton saturés de pétrole sont appliqués à ces ouvertures et le feu y est mis simultanément. Elles sont elles-mêmes recouvertes de "fin" aussitôt que le gros bois est bien enflammé. En dépit de cette ample couverture, tout ce combustible, dit M. James McArthur (1) est consumé 60 heures après l'allumage. "Une opération complète de grillage oxydant commence alors et se continue jusqu'à la fin, c'est à dire jusqu'à ce que le sulfure contenu dans le minerai soit tellement réduit et brûlé qu'il n'en reste plus assez pour produire davantage de combustion. Le reste du sulfure (6 à 8 p.c.) est maintenu et scellé dans les portions non poreuses du minerai, ou dans les mattes dont la couverture semi-fondue doit être rebrisée pour soumettre à la chaleur une surface fraîche afin de libérer le sulfure restant. Ceci ne peut se faire qu'en retournant et regrillant le minerai, une fois le premier grillage terminé ; mais cette deuxième opération n'est pas absolument nécessaire car le reste du soufre est essentiel pour la fusion du minerai si l'on veut obtenir une scorie propre." A peu près douze heures après l'allumage, le tas tout entier doit jeter une épaisse fumée jaune pâle d'acide sulfureux. Il faut bien veiller au tas dans les premiers jours, pour empêcher un excès de chauffe locale qui pourrait facilement causer la fusion partielle du minerai et empêcher le succès du grillage. Le tas est surveillé soigneusement et systématiquement jour et nuit, et tous les trous et fissures causés surtout par l'affaissement dû à la combustion du bois sont immédiatement couverts avec du "fin" de minerai brut. Après les premières journées, on peut laisser la pile à elle-même jusqu'à ce qu'elle soit assez refroidie pour enlever et transporter les matériaux aux bennes d'approvisionnement ou aux hauts-fourneaux. Après la période de grillage et quand la pile est assez refroidie pour qu'on en puisse manipuler les matériaux, on

(1) Ann. Report, Bur. of Mines, Ont., 1903, p. 300

enlève d'abord la couverture extérieure de minerai presque grillé. Celui-ci se trouve le plus abondamment le long des côtés et de la base et souvent on prend la précaution de couvrir ces parties de la pile d'anciennes plaques de fer qui aident matériellement à conserver la chaleur et à faciliter le grillage. Plus long est le grillage, moins il y a de matte, et, naturellement, plus grand est le tas, plus petite est la quantité de couverture extérieure ou de marge qui n'est que partiellement grillée. Quand cette couverture extérieure est enlevée pour être grillée de nouveau, le reste du tas est transporté en brouettes à quelques verges de là, jusqu'à un chemin de fer en contre-bas qui longe les chantiers de grillage. A la Mond Nickel Company, il est chargé dans des wagons d'un tramway en plan incliné qui porte les matériaux jus. qu'à une série de bennes d'approvisionnement installées au-dessus du sol dans le chantier de grillage et d'où ensuite il est chargé, suivant le besoin, dans des wagons aériens et transporté ainsi au haut-fourneau.

Le minerai, une fois grillé, est aggloméré en grosses masses clinquantes. On les ameublit et on les brise en morceaux convenables pour la fusion, généralement à la pioche et à la pelle, mais souvent on est obligé d'employer des explosifs pour en opérer l'enlèvement. Ce minerai est chargé sur de grands wagons à bascule latérale et traîné aux bennes des hauts-fourneaux. Un travailleur expérimenté distingue à première vue la qualité des minerais grillés et il peut les mélanger approximativement en les chargeant aux tas dans les wagons pour être transportés aux hauts-fonrneaux et mis alors dans des caisses séparées. Là il est encore trié et mélangé par les travailleurs des fourneaux qui préparent les charges ; finalement le minerai est enfourné.

OPÉRATIONS DE FUSION.

Les minerais nickel et cuivre de la région de Sudbury sont, maintenant (juin 1904), traités par une compagnie seulement, la Canadian Copper Company, mais pendant nos travaux de 1901 et 1902, la Mond Nickel Company, ainsi que la Lake Superior Power Company se livraient toutes deux à des opérations de fusion. La Mond Compauy produisait la matte de haut-fourneau ou matte type et la matte bessemer ou matte de convertisseur, tandis que la dernière de ces compagnies limitait ses opérations de raffinage de la matte de basse teneur ou de haut-fourneau. L'usine de fusion de la Lake Superior Power Company située aux mines Gertrude, fut terminée au commencement de juin 1902, et pendant quelque temps traita de 100 à 160 tonnes par jour. La matte provenant de ces opérations s'accumula aux usines jusqu'à la suspension des opérations de la compagnie en 1903, et pendant cette

période, il fut fait près de 2,000 tonnes de matte-type. Cette matte contenait, dit-on, 24 p. c. de nickel et de cuivre combinés, la proportion du nickel par rapport au cuivre étant de 2 à 1. On proposa de raffiner davantage ce produit en l'envoyant à un convertiseur qu'on construisait au Sault Ste-Marie ou de l'expédier ailleurs pour le faire raffiner.

De plus, vingt tonnes, sur une production totale de 200 tonnes étaient tous les jours triées, aussi exemptes que possible de chalcopyrite et cette quantité, mise de côté, était expédiée au Sault Ste-Marie pour fabrication du ferro-nickel.

De 1889 à 1893, la mine Murray a procédé à de grandes opérations de fusion pour fabriquer la matte-type et la matte Bessemer. La moyenne du produit, de teneur inférieure était de 8.5 p. c. de nickel et 4 p. c. de cuivre, mais à l'analyse de M. Walker ce produit donna 48·82 p. c. de nickel et de cobalt et 25·92 p. c. de cuivre Le Dominion Mineral Company, au cours de cette même période a produit seulement de la matte-type ou matte de haut-fourneau contenant de 18 à 20 p. c. de cuivre et de 24 à 26 p. c. de nickel. Vers 1893 et plus tard, en 1896 et 1898, la Drury Nickel Company et cette même compagnie se réorganisèrent sous le nom de Trill Mining Company et fondirent et vendirent environ 420 tonnes de matte de haut-fourneau. Au début de 1890, la Canadian Copper Company produisait beaucoup de matte de haute teneur par le procédé Bessemer, mais les raffineurs, paraissant préférer la matte-type à la matte de haut-fourneau la fabrication de ce produit fut abandonnée et le matériel Bessemer consistant en une coupole et 3 convertisseurs, placés aux usines de l'Est est resté inactif la plupart du temps depuis cette époque. Dans l'automne de 1900, eut lieu l'installation du matériel des Ontario Smelting Works appartenant à l'Orford Copper Company, compagnie intimement alliée à la Canadian Copper Company. D'ailleurs, toutes deux, en avril 1902 furent inclues dans le fusionnement de compagnies analogues sous le nom de International Nickel Company. Ces usines étant destinées à pousser plus loin le raffinement de matte de basse teneur ou de haut-fourneau de la Canadian Copper Company.

Avant la construction, de la nouvelle usine qui sera décrite et dessinée plus loin, la Canadian Copper Company avait des ateliers de fusion installés dans deux bâtiments séparés appelés respectivement usines de l'Est et de l'Ouest. Le procédé usité à ces deux usines était le même et la seule différence consistait dans le nombre de leurs haut-fourneaux. Il y en avait huit à l'usine de l'Ouest et cinq à l'usine de l'Est en plus de l'installation Bessemer. Dernièrement l'usine de l'Est a été démantelée et on dit que la Compagnie a aussi l'intention d'a-

battre prochainement celle de l'Ouest et de concentrer toutes les opérations de raffinage dans un seul bâtiment. Dans le moment actuel il ne se fait pas d'opérations de fusion à Copper Cliff, mais la compagnie a loué l'usine de Mond aux mines Victoria, pour six mois, le bail expirant vers le 1er août et tout le raffinage se fait présentement en cet endroit.

Les fourneaux de fusion ou haut-fourneaux, ont la forme d'une ellipse allongée ils ont 9 pieds de hauteur au gueulard et mesurent 9 pieds par 5 au sommet et 9 pieds 8 pouces par 4 pieds 14 pouces aux tuyères qui sont au nombre de 25 (2 pouces) disposées en deux rangées. Elles sont faites d'acier laminé avec un espace pour l'eau de deux pouces entre les plaques intérieures et extérieures elles ont pour fond une plaque de fonte de fer de $1\frac{3}{4}$ pouces d'épaisseur protégée par des briques réfractaires, le tout, est supporté par quatre piliers solides fonte de fer. Un léger dôme d'acier à plaques, tapissé de briques au sommet et sur les côtés recouvre le fourneau et, sur un des côtés de ce dôme, de niveau avec les boîtes à minerais se trouve la porte d'alimentation. Les gas des fourneaux passent aux cheminées (une par paire de fourneaux), par des chambres de briques avec des fonds faits de fer en feuilles disposés en forme d'auges. Les fumées ayant là une occasion de se précipiter on les enlève périodiquement pour les ajouter à la charge des fourneaux de fusion. Les fourneaux de fusion sont situés autant que possible au ras du sol et le minerai, le coke et le fondant sont apportés dans le bâtiment par des voies suspendues et jetés dans les bennes qui se trouvent au niveau de l'étage d'alimentation. L'avant-creuset ou l'avant-fourneau est fait à chemise d'eau, en fonte de fer, divisé en quatre sections, avec un espace de six pouces pour l'eau. Il repose sur quatre roues pour pouvoir être déplacé en cas de réparation et un autre est toujours tout prêt pour prendre sa place. Quand l'avant-fourneau est en place une ouverture carrée qui se trouve sur le côté est ajustée au moyen d'argile refractaire à une embrasure correspondante dans le fourneau ; et la scorie fondue, ainsi que la matte s'écoulent dans le creuset lorsque le four est en marche. L'alimentation du fourneau se continue à intervalles fréquents et fixes et quand la masse fondue se réduit à la base du fourneau, elle coule par le trou de déversement dans l'avant-creuset, où la portion plus lourde (ou métallique) tombe au fond et la scorie plus légère monte à la surface pour s'écouler en un filet continuel par un tuyau à scorie en bronze phosphoré, refroidi par l'eau jusqu'à une auge à granulation McArthur, où elle vient tranquillement en contact avec un courant d'eau qui a déjà servi dans les chemises de refroidissement et qui coule dans la même direction que le courant de

scorie fondue. Cette scorie grenue est entraînée par l'eau qui graduellement filtre dans les débris et dans les puits à scorie, d'où l'on extrait la scorie au moyen d'une chaîne à godets pour en faire de grands amas. C'est là que s'alimentent les grandes compagnie de construction de chemin de fer surtout le chemin de fer Canadien du Pacifique et le Manitoulin et North Shore Ry qui chargent les scories sur des wagons au moyen de pelles à vapeur, pour s'en servir ensuite comme ballast, emploi auquel elles conviennent parfaitement. Les scories sont plus lourdes que le ballast ordinaire et ne retiennent pas l'eau, aussi elles sont moins exposée à être emportées par l'eau ou à geler et à soulever la voie comme il arrive souvent avec le ballast de sable ou d'alluvion autrefois employé dans cette région.

La matte est extraite périodiquement, le trou de coulée à cette fin étant situé à un niveau inférieur, on l'ouvre avec une barre de fer pointue et on le referme avec un tampon d'argile réfractaire. Cette opération est généralement accompagnée d'un grand déploiement de feux d'artifices, mais comme les ouvriers acquièrent vite une grande expérience le flot de matte liquide est très vite arrêté complètement. On laisse alors la matte reposer dans des pots ou moules de fer fondu où on l'a laissée s'écouler et quand elle est refroidie, on la retire, on la casse au marteau puis elle est pesée, chargée sur les wagons et expédiée aux Ontario Smelting Works pour traitement postérieur.

Le courant d'air est fourni par des souffleurs Connersville N° 7, envoyant 67 pieds cubes d'air par révolution et faisant de 90 à 130 révolutions par minute, chaque souffleur étant actionné par une machine de 50 chevaux de force. Le souffle est fourni aux tuyères à une pression d'environ quatorze à seize onces par pouce carré.

Le minerai grillé avec lequel le fourneau est principalement chargé est un mélange d'oxyde, de sulfate et de sulfures de nickel, de cuivre et de fer avec une certaine quantité de silicates basiques de la gangue.

Le procédé de fusion est très économique vu que le minerai fournit lui-même les ingrédients nécessaires comme fondant. En fondant le minerai avec une petite quantité de quartz dans le haut-fourneau et en employant de 15 à 17 p. c. de coke de Connellsville, le fer est surtout réduit en oxyde ferrique et forme scorie avec la gangue et le quartz.

Aux colonnes I et II figurent des analyses de cette scorie par M. Donald Locke, ancien essayeur de cette Commission. A la colonne III il y a une analyse moyenne publiée par M. John Herdt (1) et à la colonne IV une analyse de M. J. W. Bain (2)

(1) "Les Mines de Nickel du district de Sudbury (Ontario)." Rap. Cham. de Commerce, Montréal, 1892, p. 39.

(2) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1900 p. 217.

—	I.	II.	III.	IV.
Silice	34·16	32·58	38·00	26·67
Oxyde ferrique	41·24	44·37	43·00	50·82
Sulfure ferrique	.....	.....	.....	3·52
Chaux	8·23	6·62	4·50	3·38
Magnésie	3·44	2·77	2·00	2·95
Cuivre	0·25	0·13	0·40	0·20
Nickel	0·23	0·23	0·45	0·10
Alumine	9·03	10·41	10·00	12·88
Soufre	0·91	.....	.....	.....
Total	97·49	97·11	100·85	100·52

Le nickel et le cuivre et un peu du fer s'unissent au soufre pour former une matte. Les colonnes I et II contiennent des analyses de cette matte de haut-fourneau ou matte-type, ces résultats ont été obtenus par M. Donald Locke en novembre 1902 ; la colonne III est une analyse par M. J. W.Bain (1900) ; dans la colonne IV on trouve la moyenne de deux analyses de matte qui ont été faites par M. F. L. Sperry, le 22 février et le 2 mars 1889. Dans la colonne V on trouve la détermination du nickel pour cette matte, faite en février 1891 et dans la colonne VI, il y a la détermination de ces mêmes métaux par M. L. P. Silver (1902).

—	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Cuivre	14·69	14·53	19·87	26·910	17·24	20·35
Nickel	28·17	26·34	16·75	14·140	21·44	16·48
Fer	31·89	34·15	43·90	31·235	.....	.....
Soufre	24·96	24·93	18·72	26·950	.....	.....
Cobalt	.....	.....	0·63	0·235	.....	.....
Scorie	.....	.....	0·05	0·935	.....	.....
Total	99·71	99·85	99·92	100·405	38·68	36·83

Chaque fourneau, et il en a 13 d'installés, passe 130 tonnes pour 24 heures donnant une capacité totale, d'environ 1800 tonnes par jour.

M. Donald Locke donne la moyenne suivante pour une journée de travail d'un fourneau. Dans une journée de 12 heures, en employant un courant d'air d'une pression de 12 onces, il a été fondu 264,000 livres de minerai grillé donnant à l'essai :

Cuivre	1·43	par cent
Nickel	2·56	"
Silice	26·00	"
Soufre	5·57	" .

A ceci ont été ajoutées environ 3,600 livres de quartz avec 98 p. c. de silice, en employant 45,300 livres de coke (17 p. c.). Elles ont produit 26,318 livres de matte contenant :

Cuivre	11·90	par cent
Nickel	22·10	"

et 207,425 livres de scories contenant :

Cuivre	0·27	par cent
Nickel	0·40	"
Silice	32·00	"
Fer	40·00	"

La marche suivante a été extraordinairement bonne : Avec un souffle de 16 onces, il a été fondu en 24 heures :

Minerai	510,000	lbs
Quartz	2,250	"
Coke employé	87,200	"

Il a été produit :

Matte	44,231	lbs
Scorie	439,233	"

Les gaz du haut-fourneau arrivent aux cheminées (il y en a une par paire de fours) par des chambres de briques avec des fonds en plaques de fer, en forme d'auge. Là, les fumées, ayant occasion de se précipite, sont enlevées périodiquement de ces chambres et ajoutées aux charges des haut-fourneaux. Quatre échantillons analysés par M. Locke, en 1902, ont donné les résultats suivants :

	I	II	111	IV
Cuivre	1.45	1.49	1.55	1.39
Nickel	3.28	3.84	3.79	3.62

Un essai d'un échantillon typique par M. P. Silver (1) a donné : cuivre, 4.25 p.c. et nickel 3.37 p.c.

Dans le grillage du minerai une partie est mal grillée ou, par suite de l'intensité de la chaleur dans la pile, le minerai se fond en matte et n'est pas grillé du tout. Il faut alors le regriller ; et on le grille de nouveau généralement ; mais, quand il y a beaucoup de commandes, le minerai grillé et partiellement grillé est fondu au haut-fourneau, et la

(1) Jour. Can. Min. Ins. Vol. V, 1902, p. 546.

matte de faible teneur qui en résulte est "divisée", c'est à dire versée sur le sol en couches d'un demi-pouce environ d'épaisseur et brisée. Deux essais de cette matte divisée faits sur des échantillons recueillis en novembre 1902 ont donné à M. Locke les résultats suivants :

Nickel.....	2.30 pour cent.	3.43 pour cent.
Cuivre.....	3.26 "	3.56 "
Fer.....	63.08 "	61.18 "

Cette matte contient généralement de 7 à 15 p.c des métaux et un échantillon type analysé par L. P. Silver (déjà cité) contenait : nickel, 6.01 p.c., et cuivre 7.45 p.c.

La "matte divisée" est brisée et portée à la cour de grillage où elle est grillée en petits tas (d'environ 200 tonnes). Après l'oxydation nécessaire, le grillage durant généralement trente jours environ, elle est refondue en l'ajoutant à la charge du haut-fourneau, en place d'une partie du minerai ; la matte ainsi produite est de ce fait d'une plus haute teneur métallique.

Avant l'installation de l'usine des Ontario Smelting Works, la Canadian Copper Company raffinait encore davantage sa matte de haut-fourneau ou matte type au moyen du "procédé Bessemer." Au début, en 1893, cette opération se pratiquait sur une grande échelle, mais dans les dernières années qui précédèrent 1900, il n'y avait pas de demande constante ou considérable pour cette matte de haute teneur, et cette méthode de concentration n'était pratiquée que si les circonstances l'exigeaient. Le convertisseur employé était du modèle Manché, avec une capacité d'une tonne et demie avec un revêtement neuf, et de trois tonnes avec un revêtement vieux.

Le procédé est semblable à celui dont on se sert pour bessemeriser le fer. Les convertisseurs Manché sont des récipients de forme cylindrique avec des extrémités convexes mesurant généralement huit pieds de longueur, sur un diamètre d'environ quatre pieds. Ils sont faits de plaques de bouilloires, avec revêtement épais d'argile mélangée de quartz.

Dans les premières années, beaucoup du quartz employé, surtout aux mines Murray, provenait des mines de Bruce où il y a beaucoup de résidus provenant des débris du minerai de cette mine pendant l'exploitation des années passées. Ces matières consistent en gangue quartzeuse broyée, débarrassée d'à peu près tout le sulfure de cuivre constituant le minerai. Il contient une petite proportion seulement de feldspath. La silice que l'on doit employer provient d'un gros filon de quartz massif situé sur la haute chaîne de collines de norite, près des rives du lac Kelley, un peu plus d'un mille au sud du grand haut-fourneau nouveau.

Le convertisseur repose par un axe horizontal sur un chariot qui court le long d'une voie ferrée. Il est pourvu à sa partie supérieure d'une bouche ou gorge par laquelle on peut le charger. Ses dimensions sont : longueur, 7 pieds 3 pouces ; diamètre, 5 pieds 8 pouces. Le courant d'air est envoyé à travers la charge par deux séries parallèles de buses ou petits trous de tuyère traversant la doublure des deux côtés en dessus et suivant la longueur du récipient. En face de chacun de ces trous de tuyères, des trous correspondants sont pratiqués dans les tubes qui courent à l'extérieur du convertisseur pour lui fournir le souffle. Ces trous sont bouchés avec des tampons de bois que l'on peut enlever à volonté pour introduire une barre de fer qui y est enfoncée successivement au cours de l'opération du soufflage, pour tenir les tuyères dégagées et stimuler la charge.

Un engrenage permet de tourner le convertisseur sur le chariot autour de son axe horizontal, et en abaissant ainsi la gorge on y fait pénétrer au moyen d'une auge une charge de matte de basse teneur provenant du creuset ou avant-fourneau de la coupole. On le remet ensuite dans une position verticale et on le conduit sous un grand chapiteau relié à une cheminée dans une autre partie de l'usine où il est raccordé au soufflet.

Une pression d'air commençant à 5 livres est d'abord insufflée à travers le métal ; il se produit alors une violente agitation, et en poussant la pression à 7 livres, les émanations apparaissent. Comme il n'y a aucune réaction de flammes, le point où il faut arrêter l'insufflation après que le fer a été enlevé et avant que le nickel ait aussi commencé à former scorie en quantité trop forte demande une expérience spéciale et du jugement. La fin de l'opération est déterminée principalement par une diminution sensible de la température de la masse, indiquée par la flamme et aussi par les fragments éclaboussés ou soufflés hors du convertisseur aussi bien que par les dimensions et l'aspect des parcelles qui deviennent de plus en plus grandes et mousseuses au point de sortir finalement en morceaux gros comme la main. La durée de l'opération de soufflage dépend des dimensions de la charge et la portion déplacée des espaces du convertisseur destinés à la doublure siliceuse est graduellement accaparée par le fer de la charge. Chaque charge est conséquemment plus grande que celle qui précède, jusqu'à ce qu'on souffle la sixième ou septième charge et alors le convertisseur doit être mis de côté pour recevoir un nouveau revêtement. Par suite, la durée de l'insufflation varie de 20 à 80 minutes avec une moyenne de 50 minutes.

Pendant l'opération de bessemerisation, le fer est enlevé presque complètement, le soufre est abaissé de 10 à 15 p.c. et le cuivre et le

nickel sont combinés au point de former 80 à 85 p.c. de la masse. Le fer s'unit à la doublure siliceuse et forme une scorie très fluide qui s'épand par le sommet. La quantité de nickel perdue par oxydation est insignifiante, le cobalt tourne complètement en scorie, le zinc, l'arsenic et l'antimoine sont totalement expulsés et le bismuth, l'argent, l'or et la platine sont entièrement concentrés dans cette matte.

Voici les analyses de cette matte bessemer :

—	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Nickel	39·96	40·93	31·35	41·18	39·64	48·82
Cobalt						
Cuivre	43·36	45·71	48·86	44·87	42·75	25·92
Fer	0·30	0·40	0·81	0·94	1·03	2·94
Soufre	13·76	.....	.....	11·62	14·05	22·50
Or	0·1 à 0·2 oz.	.....	.....	0·3 oz.	0·75 oz.	·000075
Argent	7 oz.	.....	.....	5·1 oz.	5·30 oz.	·001775
Platinum	0·25 oz.	.....	.....	.....	0·50	·000430
Iridium	.....	.....	.....	.....	.....	·000056
Osmium	.....	.....	.....	.....	.....	·000057
Rhodium	.....	.....	.....	.....	.....	Trace.
Palladium	0·25 oz.	.....	.....	.....	.....	Trace.

Explications—L'analyse I est de Titus Ulké et appelée : "une bonne analyse moyenne de la matte bessemer de la Canadian Copper Co." (Min. Industry, Vol. III, 1890, p. 460) ; II et III, sont de Robert-Austen, (Min, Proc. Inst. Civ. Eng., Vol. CXXXV, p, 30) ; IV est une analyse par J. W. Bain, (Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1900, p. 218) ; V, est une analyse par L. P. Silver, (Jour. Min. Inst., V, 1992, p. 534) ; VI, analyse par le Dr T. L. Walker, de matte bessemer de la mine Murray (Amer. Jour. Sc., Vol. I, 4e série, 1896, p. 112 ; et Ann, Rep. Bur. of Mines, Ont., 1893, pp. 283-284).

Au titre, Norvège, nous avons cité dans une page antérieure des analyses de matte concentrée de ce genre provenant de pyrrhotine norvégienne. Elles dénotent aussi la présence de fer, d'argent et de platine et quantités appréciables. En gros, l'argent y est de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ de ce qu'on trouve dans la matte de Sudbury, l'or est à peu près dans la même quantité que dans la matte de la mine Murray, soit $\frac{1}{4}$ seulement de ce qu'on trouve dans les mattes des mines de Copper Cliff et de Victoria et les métaux du groupe platine sont en Norvège à peu près en quantité moitié moindre de ce qu'on trouve à la mine Murray, c'est-à dire la moitié de ce que l'on trouve généralement dans les mattes des mines de Copper Cliff et de Victoria.

Le professeur Vogt nous informe aussi avec intérêt que la proportion de ces métaux existant dans les minerais et les mattes de Norvège équivaut à une partie d'or, pour 20 d'argent, une de platine pour 30 d'argent, une d'argent pour 5,000 de nickel et une de platine pour 150,000 de nickel.

Les analyses qui suivent sont des analyses de scorie de convertisseur ou scorie bessemer. Toutes les scories de convertisseur sont renvoyées au haut-fourneau pour être refondues car leur teneur en nickel n'est pas élevée.

	I	II	III
Fer	66·6	67·1	67·6
Silice	28·5	27·9	27·5
Nickel	1·9	1·6	1·4
Cuivre	1·1	0·8	1·2
Soufre	0·5	0·4	0·5

I et II, analyses par Edwards, (Eng. & Min. Jour., May and, 1896 ; III., est une analyse par L. P. Silver, (Jour. Can. Min. Inst., Vol. V, 1902, p. 549).

Depuis le commencement de novembre 1900, environ jusqu'à la destruction de l'installation au commencement du printemps de 1907, la matte de haut-fourneau produite par la Canadian Copper Company était encore raffinée aux Ontario Smelting Works, construits et exploités par l'Orford Copper Company de Copper Cliff. Cette compagnie était intimement associée à la première et toutes deux se sont amalgamées en 1902, sous la direction de la Canadian Copper Coy qui est elle-même une organisation subordonnée à l'International Nickel Company.

La matte-type est apportée par wagons des usines de la Canadian Copper Company et soumise à un concasseur Blake ; elle passe directement à un moulin à billes Krupp où elle est réduite en poudre fine. Du moulin à billes, elle part par une courroie à godet qui l'élève jusqu'aux caisses d'emmagasinage et de là suivant les besoins elle est encore emportée sur des courroies sans fin aux caisses d'alimentation des fours à grillage.

La matte est grillée dans deux calcinateurs droits Brown automatiques à reverbère avec chacun une sole de 140 pieds par 10. Plus tard, ces soles ont été portés à 200 pieds et l'on en a construit une autre de cette dimension. Un four à six jeux de rables ou rateaux et l'autre en a sept. Les rables font un tour complet en 6½ minutes Le chariot en passant devant l'appareil d'alimentation fait tomber. dans le fourneau une certaine quantité de matte en poudre. Cha-

que fourneau achève 45 tonnes de matte en 24 heures et réduit le soufre de 25 et 30 p. c. à 5 ou 8 p. c. en employant $4\frac{1}{2}$ cordes de bois par fourneau par jour.

La matte grillée est retirée du fourneau pour tomber dans l'auge d'un transporteur à hélice qui l'amène à l'étage d'alimentation du haut-fourneau.

Les fourneaux en brique, sont généralement du modèle appelé " Orford," rafraichis dans la régions de tuyères pour de l'eau circulant dans des tuyaux encastrés dans la brique. Le fourneau mesure 50 pouces par 128 aux tuyères qui sont au nombre de sept.

Le courant d'air est fourni par deux soufflets centrifuges N° 9 Sturtevant. Les fournaises sont alimentées à la main, la charge consistant en matte grillée, introduite sous forme de poudre avec des débris de quartz et un peu de minerai grillé.

Par suite de la grande quantité de menu dans la charge, il se forme beaucoup de poussières—40 tonnes par semaine est le chiffre habituel qui monte quelquefois jusqu'à 80 tonnes. Cette poussière, donnant à l'analyse environ 11 p. c. de cuivre et 18 p. c. de nickel, est soumise encore une fois au haut-fourneau.

La matte et les scories débordent continuellement du haut-fourneau et tombent dans un avant-creuset Orford à syphon. Celui-ci consiste en une boîte rectangulaire de 4 pieds de longueur environ, 2 pieds 6 pouces de largeur et 18 pouces de hauteur formée de plaques de fonte fortement boulonnées aux coins et doublées d'un revêtement de briques de 6 pouces. Il est divisé en deux parties aux deux tiers de sa hauteur par un mur de séparation de six pouces avec un registre au niveau de la sole de l'avant creuset par où la matte peut s'écouler du plus grand compartiment dans le plus petit. Tout l'avant-creuset est monté sur des roues. La matte et la scorie s'écoulent du fourneau dans le plus grand compartiment, l'avant-creuset se remplit, la scorie étant plus légère flotte et la matte seule est capable de pénétrer dans le plus petit compartiment par le guichet au bas du mur de séparation.

Quand l'avant creuset est rempli, la matte et la scorie se vident en courants séparés et continus, le premier est reçu dans des pots de fonte, Le produit raffiné est envoyé à l'Orford Copper Company de New-York pour séparer le cuivre du nickel. Deux échantillons de cette matte de haute teneur analysés par M. Donald Locke avaient le contenu suivant :

Nickel.....	41.58	40.37
Cobalt... ...	0.71	0.78
Cuivre.....	24.99	24.95
Fer.....	9.82	9.64
Argent		2.50 onces par tonne.
Or.....	0.15 once par tonne.	0.10 "
Platine.....	0.50 "	0.44 "

Deux échantillons de scorie recueillis en même temps et analysés par M. Donald Locke ont donné les résultats suivants :

Silice	31.03	26.62
Oxyde ferrique.....	64.31	66.72
Chaux.....	0.22	0.24
Magnésie.....	0.08	0.09
Nickel	2.57	2.68
Cuivre	0.56	0.77
Alumine.....	0.54	0.54
Soufre.....	0.49	0.30
Total.....	99.80	97.96

Cette scorie est prise aux usines de la Canadian Copper Company et passée par le haut-fourneau pour en extraire les métaux contenus qui sont trop considérables pour être négligés.

FUSION PYRITIQUE.

M. James McArthur est l'auteur de l'assertion suivante : (1) "La fusion pyritique à souffle froid du minerai de sulfure s'est pratiquée au Canada à différents intervalles et pendant de longues périodes de temps depuis 1879, pas à titre d'expérience, mais comme opération pratique. Des milliers de tonnes de menus de sulfure de cuivre ont été fondues au souffle froid, et plus tard on en a également fondu à Copper Cliff au souffle froid et aussi au souffle très modérément chaud (c'est-à-dire environ 400° F,) et l'on a fait de cette façon, dans ces derniers temps, 18,000 à 20,000 tonnes de produits de matte. La consommation de coke a été d'environ 5 p.c. pour les deux températures de souffle, la qualité des mattes étant presque identique. Avec un courant d'air d'une température suffisamment élevée — pas moindre de 1200° F.— pour obvier à l'empâtement aux tuyères, le soufre contenu dans le minerai, qui doit être le seul combustible employé en dehors d'une petite quantité de fer, peut être tenu en ignition ; et avec un

(1) Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., 1903, pp. 302 et 303.

plus fort courant d'air on pourrait avoir une oxydation suffisamment rapide, même dans de grands fourneaux, fondant vite, pour produire directement une matte à 30 p. c. ou même un septième, avec un minerai brut-de 4 p.c. tel qu'il vient des mines. En effet, si nous pouvons nous dispenser de tout combustible carbonacé à la première fusion et si nous pouvons employer à sa place le soufre contenu dans la charge, nous supprimons toute action de réduction et à sa place nous introduisons une action d'oxydation complète, oxydant le fer et consumant le soufre dans l'opération."

Jusqu'à quel point on emploira le minerai brut au lieu du minerai grillé, dans les conditions existantes à la nouvelle usine que nous allons décrire,, et où la pression sera de 40 onces, c'est une chose que l'on ne peut prédire, mais il est bien certain que l'on ajoutera aux charges de fournaises une grande quantité de minerai brut.

Les dessins qui accompagnent ce rapport sont des plans-coupes et élévations d'un haut-fourneau de 1,000 tonnes dessiné par l'Engineering Company de New-York. (1) Ils ont été soumis à la Canadian Copper Company qui, après approbation et adoption a procédé à mettre en place cette nouvelle installation de force motrice et de fusion où sont réunies les dernières améliorations et les derniers procédés pour faciliter le travail dans toutes les parties de l'usine. On espère que ce haut-fourneau pourra fonctionner au commencement de juillet 1904. (2)

Pour la construction de cette usine, il y avait plusieurs choses à ne pas perdre de vue, entre autre, la manipulation économique d'un grand tonnage de minerai, l'emmagasinage pour l'hiver de matérieux comme le coke et le charbon que l'on peut recevoir par bateau en été, l'élimination de tout travail manuel inutile et la production suffisante de force motrice. L'installation était destinée à avoir deux niveaux, il y avait lieu de tenir compte de la grande quantité de scorie produite et le choix de l'emplacement devait être en grande partie déterminé par les facilités offertes pour se débarrasser des scories. L'usine telle qu'elle existe maintenant a été bâtie le long du flanc d'une falaise, du côté nord du plateau où se trouve située la ville de Copper Cliff.

Sur le bord supérieur de la falaise on a installé tout un système de caisses pour l'emmagasinage. Le bâtiment de l'usine de fusion proprement dite est construit parallèlement à ces caisses et l'usine des générateurs est située à l'extrémité nord-est. Une voie ferrée en claire-voie

(1) Les planches des dessins reproduites dans ce rapport nous ont été gracieusement prêtées par l'*Engineering and Mining Journal* de New-York.

(2) Eng. Min. Jour. VLXXVI.. 31 décembre pp. 1003-1009.

a été bâtie au niveau du bas des caisses qui est aussi le niveau de l'étage de chargement, elle relie l'étage de chargement aux caisses et aussi à l'usine motrice, formant une voie circulaire qui passe des deux côtés des fourneaux et devant la descente au charbon en face de l'usine motrice. Après le grillage, le minerai est chargé dans des wagonnets de 50 tonnes à fond en entonnoir. La ligne qui conduit au claire-voie est constamment en rampe douce et se relie à la ligne principale qui va au chemin de fer Canadien du Pacifique.

Tout le minerai, fondant, coke et charbon vient par ces lignes et est versé directement dans les caisses En dessous des caisses dans les batiments de l'usine de fusion et devant l'usine motrice, un chemin de fer électrique passe sur une voie circulaire avec wagons à bascule latérale, traînés par des locomotives électriques. Le minerai, le coke, etc., est chargé dans ces wagons et pesé à l'extrémité du claire-voie. La charge est versée directement dans les fourneaux et le charbon est versé dans des caisses auprès de l'usine motrice.

Comme l'indiquent les coupes, le site comprend deux niveaux ayant une dénivellation, de 35 pieds. Le niveau supérieur est à la mêmlhauteur que l'étage d'alimentation et est parcouru par un claire-voie-à compartiments et à double voie, de 35 x 35 x 600 pieds.

Au niveau inférieur se trouve l'usine motrice. 156 pieds par 102 ; le bâtiment du haut-fourneau, 84 pieds par 283 ; les fondations pour le tréteau portant le tramway électrique réunissant les compartimente d'emmagasinage avec l'étage d'alimentation ; les caisses à charbon de la chambre des chaudières, la chambre à fumées, 16 pieds de largeur, 18 pieds de hauteur et 444 pieds de longueur ; la cheminée avec 15 pieds de diamètre intérieur et 210 pieds de hauteur ; le tout avec les voies à scorie nécessaires, les voies en contre-bas pour charger le métas pour l'expédition, les voies pour le magasin, etc.

L'usine motrice est munie de machines soufflantes horizontales, de la Nordberg Manufacturing Company, à compensation, et à condensation avec cylindres à vapeur de 13 pouces et 24 pouces par 42, et des cylindres de 57 pouces et 57 pouces par 42. En fonctionnant dans des conditions ordinaires ces machines peuvent livrer 20,000 pieds cubes d'air libre par minute ou fournir une pression de 40 onces à l'usage de hauts-fourneaux. Une machine soufflante horizontale de la Nordberg Manufacturing Company, à compensation alternative, à condensation avec cylindres à vapeur de 15 pouces et 30 pouces par 42, et des cylindres à air de 40 pouces par 42 pouces livrera 10,000 pieds cubes d'air libre par minute, ou une pression de 15 livres à l'usage des convertisseurs. Deux machines horizontales compound et à condensation de 13

pouces et 26 pouces par 20, construites par la Robb Engineering Company, sont chacune reliées directement à un générateur à courant alternatif triphasé de 200 kw. 690 volt. construit par la Canadian General Electric Company, chaque générateur ayant son propre excitateur d'une capacité de 11 kw., la courroie partant de l'arbre de couche du générateur. La force électrique ainsi produite est employée pour le halage et l'exhaure aux mines, elle sert à faire marcher le tramway électrique pour charger les wagons, pour basculer les convertisseurs et pour faire fonctionner la grue mobile dans le bâtiment des hauts-fourneaux. La station est aussi pourvue d'un générateur mobile de 25 kw. déstiné à fournir un courant direct aux locomotives électriques. Une grue mobile de force suffisante pour manier tous ces appareils est installée dans la chambre des machines. Un système de graissage et de filtration d'huile par pesanteur est installé sur toutes les machines.

Dans la chambre des chaudières, l'installation consiste en quatre chaudières tubulaires horizontales de 400 chevaux de force et 150 livres de pression construites par la Aultman and Taylor Machinery Company, de Mansfield, Ohio, et on a réservé un espace suffisant pour en poser deux autres de mêmes dimensions. Les chaudières sont munies de surchauffeurs Potter et de grilles à secousse Tread-Kill. Les cendres s'enlèvent du puits à cendre de la chaudière en ouvrant une grille au fond, ce qui leur permet de tomber dans un baquet reposant sur un wagonnet plat qui passe sur une voie posée daus le souterrain aux cendres sous les chaudières. Le wagonnet est ensuite conduit hors du bâtiment, une grue enlève le baquet et les cendres sont vidées dans une caisse aux cendres d'où elles tombent dans les wagons à cendres.

Le charbon est apporté à l'installation motrice par le chemin de fer électrique dont nous avons déjà parlé, et il est vidé dans les compartiments construits dans le claire-voie le long du côté ouest du bâtiment. Puis il tombe par la descente à charbon dans les wagons d'une demi-tonne qui vont à la chambre des chaudières et d'où il est pelleté dans les foyers des chaudières.

La seule eau disponible pour les chaudières contient beaucoup d'acide sulfurique et d'éléments incrustants ; pour les éliminer l'eau est soumise à un traitement et une précipitation chimique dans un appareil de purification construit par l'Industrial Water Company de New-York. De cette façon l'acide est neutralisé et les matières incrustantes enlevées avant que l'eau n'arrive dans les chaudières. Le condensateur est de la forme barométrique et a été construit par l'Alberger Condenser Company de New-York.

Le bâtiment des haut-fourneaux contient deux haut-fourneaux à cuivre Holthoff à section, rectangulaires et à refroidissement ; trois

emplacements pour convertisseurs Holthoff, une grue électrique de 40 tonnes, les dépôts à matte nécessaires et des malaxeurs à argile et silice. Il y a de la place laissée pour agrandir l'installation.

Quand l'usine est en marche, le minerai, le coke et le fondant pour haut-fourneaux, la silice et l'argile pour garnir les convertisseurs et le charbon pour les chaudières sont livrés au sommet des compartiments du claire-voie. On emploie à cette fin des wagons de dimension type, à fond mobile Ingoldsby pour le minerai. Les matériaux sont transportés du fond des caisses dans des trains de six wagons Koppel de 2 tonnes, à voie de 36 pouces, à culbute latéral, qui sont traînés au haut-fourneau et aux caisses d'emmagasinage de silice et d'argile ou aux compartiments à charbon par des locomotives électriques de 25 chevaux de force de la Canadian General Electric Company.

La scorie et la matte s'écoulent du haut-fourneau dans des bassins de dépôt, de 16 pouces, la scorie débordant dans les wagons à cendres Pollock de 30 tonnes qui sont trainés aux déchets par des locomotives du modèle-type. La matte est reçue dans des cuillères de dix tonnes en acier fondu et portée au convertisseur au moyen d'une grue électrique de 50 tonnes de la Case Manufacturing Company. La même grue enlève les garnitures des convertisseurs dont on doit refaire le revêtement et sert à sortir la scorie du convertisseur et le métal blanc pour les vider dans les moules, les ramener au tréteau à compartiment et les expédier à la raffinerie. Les boîtes à charbon des chaudières et les compartiments à silice et à argile des moulins à argile sont remplis au moyen de chargements amenés sur des trains de six wagons.

Les poussières des fumées sont retirées de la chambre à poussière et chargées sur un wagon gondole à fond mobile de voie type, disposé spécialement pour ce service et ce wagon est amené au sommet du claire-voie au niveau supérieur. La poussière mise dans un compartiment à cet effet est ensuite transportée à une machine à briquettes et ajoutée à la charge.

Le tramway électrique consiste en deux voies de 36 pouces parallèles passant sous deux lignes de grilles en dessous du claire-voie à compartiment puis sur des balances plateformes, se dirigeant ensuite du côté opposé aux chaudières, sur l'étage d'alimentation, passant au-dessus de la chambre des chaudières, des caisses à charbon, de l'atelier de garniture des convertisseurs, des caisses à silice et à argile. Les deux voies ont des raccordements sur leur parcours ; mais dans les conditions normale d'exploitation, chaque voie sert pour un train absolument indépendant de l'autre.

Les hauts-fourneaux ont 50 pouces par 204 aux tuyères ; 14 pieds 9 pouces du centre des tuyères au niveau d'alimentation et ont de chaque côté, quatre chemises inférieures, ayant chacune 51 pouces de largeur et 8 pieds 6 pouces de hauteur et deux chemises supérieures de 8 pieds 6 pouces de largeur et 6 pieds de hauteur. Chaque chemise latérale inférieure porte 4 tuyères de 6 pouces. Les deux extrémités de la chaudière sont semblables et l'on peut retirer ainsi la matte ou la scorie de l'un ou de l'autre côté. Il n'entre pas de briques dans la construction en dessous du pont de chauffe. Les convertisseurs ont 84 pouces par 126 et sont basculés par un engrenage vermiforme fonctionnant au moyen du moteur électrique.

L'eau pour les besoins de l'usine est fournie par un tuyau de 16 pouces venant d'un barrage situé à 5,000 pieds environ de l'usine elle-même. L'eau descend naturellement dans les garnitures de refroidissement et quand on la retire elle est pompée dans un réservoir au dessus des édifices de la fonderie, destiné à protéger contre les incendies, et aussi dans un réservoir situé au pied de l'usine ; l'eau chaude est également employée dans les chaudières pour tirer parti du calorique qu'elle contient.

La Mond Nickel Company raffine le minerai de ses propres gisements de Victoria Mines, station de l'embranchement du Sault du chemin de fer Canadien du Pacifique, à 22 milles à l'ouest de Sudbury. Son usine de fusion, avant la construction de la nouvelle, qui est maintenant presque achevée à Copper Cliff était la plus moderne et la mieux outillée de la région Elle produit non seulement la matte-type ou de haut-fourneau, mais elle la bessemerise encore davantage en matte de concentration contenant à peu près 80 p.c. de nickel et de cuivre, ces deux métaux se présentant en quantité à peu près égale : 18 p c. de soufre, environ 0.75 p.c. de fer et 0.25 p.c. de silice. Sa matte est envoyée en Angleterre pour y être traitée par le procédé Mond, pour le cuivre et le nickel. Des difficultés relatives au fonctionnement de raffinerie à Clydach, pays de Galles, ont pour le moment causé une suspension des opérations minières et métallurgiques dans la région de Sudbury et pendant ce temps les usines de fusion de cette compagnie ont été exploitées par la Canadian Copper Company, en vertu d'un bail de six mois qui expire vers le 1er avril prochain (1904). Il est cependant annoncé officiellement que ces difficultés ont été heureusement surmontées et que la raffinerie, considérablement agrandie et ayant subi tous les changements nécessaires, est toute prête à fonctionner. On s'attend qu'aussitôt après l'expiration du bail de la Canadian Copper Company l'usine va recommencer à marcher sous la nouvelle direc-

tion, même sur une plus grande échelle qu'auparavant. La North Star mine, sur le chemin de fer du Manitoulin et North-Shore fonctionne actuellement sous la direction de M. C. V. Corless en vertu d'une promesse de vente consentie à cette compagnie et le minerai extrait est envoyé aux usines Victoria pour y être traité.

Le grillage du minerai s'y fait comme aux usines de la Canadian Copper Company. Le minerai grillé est apporté à l'usine de fusion par une voie aérienne partant des cours de grillage.

L'usine est bâtie sur une colline en pente douce et comporte trois étages : l'étage d'alimentation, l'étage des fourneaux et l'étage des convertisseurs. Le minerai est apporté à l'usine jusqu'à une plateforme plus élevée que le troisième étage, où les bennes sont reçues par un gamin après avoir été automatiquement déclanchées du câble de halage, Le gamin mène les baquets aux caisses, les vide et les rattache vides au câble de retour. Des caisses à minerai sont situées au-dessus et derrière les étages d'alimentation de telle façon que le minerai grillé peut être déchargé facilement par un plan incliné dans les wagons de déblai à l'étage d'alimentation.

On ne fait pas d'essai du minerai grillé à cause de la difficulté de choisir des échantillons et sans un triage soigneux on peut arriver à des résultats qui diffèrent considérablement. Pour déterminer les proportions convenables des minerais qui doivent composer les charges, il est bon d'ajouter un dixième aux analyses de minerai brut. Les moyennes des analyses quotidiennes de minerai brut, pour juillet et septembre 1902, faites par M. T. M. Paris, chimiste de la Mond Nickel Company sont données aux colonnes I et II et à la colonne N° III figure une moyenne des analyses de plusieurs mois.

	I	II	III
Nickel	2.67	3.21	3.05
Cuivre	2.81	2.41	3.05
Matières insolubles	17.20	13.90	17.01

Le minerai est fondu dans des fourneaux à chemise d'eau rectangulaires en acier, ayant 12 pieds de hauteur, 42 pouces par 120 aux tuyères et augmentant légèrement vers le haut. Les deux fours (dont il ne fonctionne qu'un seul à la fois) ont chacun 16 tuyères, 8 de chaque côté, une chemise en fonte de fer refroidie par l'eau et une gouttière à scorie Hixon. Elle consiste en un serpentin de tuyau d'un pouce, encastré dans du fer fondu de façon à former un canal de quatre pieds environ de longueur par lequel la matte et la scorie s'écoulent continuellement dans l'avant-creuset. La gouttière est complètement décrite dans le livre de Hixon "Lead and Copper Smelting," p.p. 28-30. Un four-

neau peut faire passer par jour environ 170 tonnes, composées comme suit :—120 charges contenant chacune :

	A.	B.
Fumées	200 livres	
Résidus	200 "	250 livres
Scorie de convertisseur	500 "	500 "
Minerai North Star	300 "	250 "
Minerai grillé	1,600 "	1,800 "
Coke	300 "	300 "

Les résidus sont virtuellement de quartz pur, avec une petite proportion de cuivre et proviennent des mines de Bruce.

Le minerai de la North Star (provenant de la North Star Mine) n'est pas grillé et la quantité employée varie suivant la teneur en soufre du minerai grillé. Les charges sont vidées directement des wagonnets dans le fourneau par le gueulard. De temps en temps des charges sont introduites pour alimenter les côtés ce qui se fait au moyen d'un appareil très simple consistant en un conduit de fer forgé de huit pouces de diamètre traversant dans le sens de sa plus grande longueur l'orifice du fourneau et placé à trois pieds environ, en bas de l'ouverture. La charge se heurte à cet obstacle et est deviée sur les côtés. Le courant d'air pour chaque fourneau est fourni par un soufflleur Green N° 6. Le four antérieur est en fer de chaudière et a environ 10 pieds de diamètre avec un revêtement en argile réfractaire et en quartz. La matte et la scorie ont là toutes les facilités pour effectuer leur séparation complète et, vu les dimensions, le contre-maître du convertisseur est toujours sûr d'avoir suffisamment de matte prête quand il en a besoin. Quand le fourneau se remplit la gouttière à scorie est d'abord tenue fermée pour que le bain s'élève jusqu'au sommet du fourneau et qu'il se forme une croûte de scorie consistante que l'on recouvre d'une couche de coke non conductrice. Ceci forme la couverture du fourneau. Après la formation de la couverture, on ouvre la gouttière à scorie qui déborde et elle se granule en tombant dans un puissant jet de vapeur puis est emportée au déversoir à scorie par un gros tuyau de fonte de fer.

Dans la colonne N° I, se trouve la moyenne des essais de scorie de haut-fourneau pour le mois de septembre 1902 ; la colonne II contient la moyenne de plusieurs mois dans la même année par M. T. M. Paris de la Mond Nickel Company dans les colonnes III, IV et V se trouvent les résultats d'essais similaires par M. Daniel Locke de cette Commission.

	I	II	III	IV	V
Nickel.....	0.30	0.34	0.31	0.25	0.28
Cuivre.....	0.36	0,35	0.33	0.28	0.29
Silice.....	31.20	31.31	30.50	32.00	30.70

La matte est percée périodiquement par l'embrasure refroidie à l'eau et s'écoule par des gouttières en tôle, revêtues d'argile jusqu'aux convertisseurs qui sont situés au niveau inférieur du fourneau. Un seul fourneau peut fournir de 20 à 25 tonnes de matte par jour.

A la colonne I figure la moyenne des teneurs en métaux de cette matte type ou matte de haut-fourneau pour le mois de septembre 1902. La colonne II contient la moyenne pour plusieurs mois de la même année par M. T. M. Paris, et III, IV et IV sont des essais par M. Donald Locke, de cette Commission.

	I	II	III	IV	V
Nickel.....	15.20	16.53	13.80	15,00	15.50
Cuivre.....	13.14	16.22	12.10	11.80	12.00

Dans la section des convertisseurs, il y a six convertisseurs Leghorn, dont un seulement fonctionne chaque fois, les autres étant alors en réparation ou recevant un nouveau revêtement ou sèchant. Le revêtement consiste en un mélange de quartz et d'argile, le quartz étant broyé puis moulu dans un moulin chilien, où il est mélangé aussi avec de l'argile et humecté.

Pour poser un revêtement, on pose d'abord le fond et on le tamponne fortement ; un récipient en fer conique est alors introduit dans le convertisseur et le revêtement humide est encore fortement tamponné autour de ce récipient. Quand le revêtement est achevé jusqu'au sommet du récipient, on perce les buses pour les tuyères, on enlève le récipient et l'on met le couvercle du convertisseur. Celui-ci reçoit aussi un revêtement et le convertisseur est amené dans une place où l'on peut le relier à un tuyau d'air. On allume un feu de bois et on envoie le vent. Le feu est maintenu jusqu'à ce qu'on ait besoin du convertisseur. Les convertisseurs sont déplacés d'un endroit à l'autre au moyen d'une grue électrique mobile desservant tout l'étage des convertisseurs

La première charge d'un convertisseur revêtu à neuf n'est que d'une tonne environ, mais quand le revêtement se ronge, les dimensions de la charge augmentent et la moyenne devient d'environ deux tonnes. Un revêtement dure de 11 à 12 heures et 6 charges à peu près sont soufflées durant ce temps. Le courant d'air est d'une pression de dix livres.

Pendant le soufflage de la charge, la scorie est deux fois évacuée dans les pots à scorie en basculant le convertisseur. Le courant d'air

est arrêté pendant cette opération. La matte achevée est versée dans des seaux à revêtement d'argile qui sont enlevés par la grue électrique et la matte est versée de ces seaux dans des moules de fonte plats.

Voici une analyse de scorie d'un convertisseur à revêtement neuf par M. Donald Locke de ce département :

Silice	33.40
Oxyde ferrique	46.50
Chaux	0.93
Magnésie	0.08
Nickel	0.55
Cuivre	0.45
Alumine	4.60
Soufre	1.17

Le montant total de cuivre et de nickel écumé, ou versé de la matte pendant la conversion est naturellement beaucoup plus fort que cela car le dernier écumage contient beaucoup de substance très pâteuse et à demi-fondue renfermant de la matte et beaucoup plus riche en nickel que la scorie propre. La moyenne de la scorie de convertisseur serait par suite beaucoup plus riche en nickel, donnant environ 1.5 p. c. de cuivre et de 1.5 à 2 p. c. de nickel.

La matte bessemer ou matte de convertisseur contient ce qui suit d'après deux analyses de M. Donald Locke, de cette Commission :

Nickel	41.88	41.23
Cobalt	0.33	0.52
Cuivre	37.37	37.83
Fer	1.07	0.77
Or	$\frac{1}{15}$ d'once par tonne de 2,000 livres	
Argent	4.87 onces " "	
Platine	0.40 onces " "	

La scorie est brisée en morceaux aussitôt qu'elle se dépose, elle est chargée dans des wagonnets et enlevée au moyen d'un ascenseur incliné à l'étage d'alimentation pour passer du côté-ouest du haut-fournean.

La matte, quand elle est refroidie, est broyée dans un concasseur Blake, et mise en barils pour être envoyée en Angleterre et subir un traitement complémentaire.

Une voie ferrée parcourt le plus bas niveau de l'usine pour enlever les produits achevés, etc., et une autre voie pénètre dans le niveau supérieur pour apporter le coke, le minerai brut, le quartz, etc.

Le bâtiment des machines, situé à l'ouest de l'usine, contient la soufflerie Riedler pour le convertisseur, les souffleries pour les haut-

fourneaux, une pompe pour fournir la force hydraulique pour retourner les convertisseurs, deux dynamos,—l'une fonctionnant de jour, l'autre, de nuit et fournissent la lumière et la force pour la grue et les deux broyeurs,—l'un pour la matte et l'autre pour le quartz destinés aux convertisseurs, pour le moulin Chilien et pour la voie aérienne. La vapeur est fournie par 5 chaudières tubulaires horizontales.

RAFFINAGE DU NICKEL

Le nickel n'a pas, jusqu'à ces derniers temps, été l'objet de la part des hommes de science de toute l'attention et des recherches que méritent ses précieuses propriétés physiques bien connues et qui promettent les plus nombreuses et les plus utiles applications industrielles possibles. On peut assigner plusieurs raisons à cette apathie apparemment injüstifiable quand il s'agit d'un champ d'études aussi plein d'espérances. Sans aucun doute le plus puissant obstacle a été la limitation apparente de la distribution et de la quantité du minerai contenant ce métal ainsi que les difficultés, considérées longtemps comme insurmontables,que l'on a rencontrées dans toutes les tentatives de raffinage des minerais pour obtenir un produit pur et uniforme. De 1840 à 1860 la production du nickel a été inférieure à 200 tonnes par année, provenant principalement des mines de Saxe et de Hongrie avec des quantités beaucoup moindres venant de Suède et de Norvège. Entre cette dernière date et l'année 1876, la plus grande partie de l'approvisionnement de nickel du monde provenait des mines de Norvège et de Suède avec des quantités beaucoup moindres de Saxe, de Hongrie et des Etats-Unis. Un examen attentif de l'existence de ces gisements de nickel, dans les pays mentionnés indiquait leur épuisement probable à une date rapprochée spécialement si la production devait être considérable et constante. Les explorations tentées n'ont pas amené de découvertes d'un caractère extraordinaire et tout indiquait que la demande et l'approvisionnement resteraient relativement limités. Cet état de chose continua jusqu'en 1882, quand les minerais de la Nouvelle-Calédonie commencèrent à inonder le marché. Il s'ensuivit une période de surproduction avec les pertes et les incertitudes qui en résultent généralement. La découverte des minerais de Sudbury, en 1883, fut encore un autre élément de perturbation, bien que, en même temps, elle ait provoqué et stimulé cette étude scientifique si longtemps retardée qui eut enfin pour résultat la découverte de plusieurs procédés dont quelques-uns, sans toutefois réaliser toutes les espérances conçues au point de vue de la simplicité, de l'économie et de la facilité de manipulation, ont cependant produit sur un pied commercial du nickel

métallique qui contient jusqu'à 99.70 à 99.82 p. c. de nickel fin, dont les impuretés sont surtout de très petites quantités de carbone, de fer et de soufre.

Une autre raison qui a beaucoup contribué au retard de la métallurgie du nickel et a empêché sans aucun doute un emploi industriel considérable du nickel est le secret qui a toujours été si strictement gardé par la plupart des compagnies qui se livrent ou se sont livrées à l'extraction et à la fusion du nickel. L'indifférence et quelquefois le refus formel de renseignements qui auraient pu être utiles au public en général n'ont jamais été aussi accentués que dans le cas du nickel. Les personnes responsables invoquent différentes excuses plus ou moins plausibles pour expliquer leur façon d'agir à cet égard, mais petit à petit la barrière a été abattue et, dans le cas de la région de Sudbury, les directeurs des deux principales compagnies ont fait récemment preuve du désir le plus gracieux de fournir tous les renseignements raisonnables sur les opérations de fusion et d'extraction pratiquées au Canada.

Le secret universellement gardé dans le passé ne s'appliquait pas seulement à l'emplacement exact, à la richesse et à la production de chacune des mines en particulier, mais s'étendait spécialement au traitement métallurgique des minerais, même aux étapes préliminaires du grillage, de la fabrication de la matte et de la bessemerisation. Beaucoup même des petits détails, dont dépend surtout le succès de cette dernière méthode de raffinage sont toujours gardés avec un soin jaloux ou dévoilés dans des termes si vagues que leur révélation est virtuellement inutile. Tous les livres de minéralogie semblent participer à cet antagonisme contre les renseignements, et dans la plupart le nickel se distingue par l'absence de toute information détaillée ou utilisable. Ce secret est sans doute inspiré par le désir de détourner d'autres personnes de se livrer à l'extraction ou au raffinage du nickel, et s'il en est ainsi, le but a été absolument manqué. Il a permis et même encouragé la circulation des rumeurs les plus exagérées et les plus déraisonnables sur les profits énormes revenant à tous ceux qui se livraient à cette exploitation.

Le public et spécialement ceux qui s'occupent de mines, apprennent tous les jours la découverte de gisements de nickel qui dépassent tous les autres non-seulement au point de vue des dimensions, mais encore au point de vue de leurs propriétés pour le raffinage. De plus amples investigations par des hommes compétents (si l'on en a sous la main) ou si on les choisit bien, montrent généralement qu'il s'agit de quelque mine déjà prospectée ou abandonnée. D'un autre côté, des hommes

possesseurs de gros capitaux et disposés à en consacrer une portion même considérable pour pousser quelque entreprise raisonnable de mine et de fusion sont souvent abordés par de prétendus experts, possesseurs de procédés prétendus nouveaux et secrets, et, cependant, déjà connus d'un petit nombre d'individus qui ont eu le privilège de dépenser de fortes sommes pour constater que l'application commerciale en est impossible. Très peu de personnes ont les connaissances nécessaires, ni le moyen de vérifier ou de réfuter les assertions de ces personnages intéressés et sont ainsi poussées à faire des dépenses inutiles et disproportionnées, et d'un autre côté leur mésaventure à cet égard les détourne de placer de l'argent dans quelque bonne affaire de mine ou de métallurgie de tout repos, si l'occasion leur en est offerte, occasion dont ils auraient profité dans d'autres circonstances. Si l'on laisse pénétrer la lumière, si l'on rompt le sceau du silence, il est bien certain que l'échange d'opinions et d'expériences qui en résultera, procurera un bénéfice incalculable non seulement aux fondeurs et aux raffineurs qui sont engagés dans l'industrie du nickel, mais de plus encouragera et guidera les chercheurs et les travailleurs qui s'occupent du nickel, pour le plus grand avantage de l'humanité toute entière.

On a conseillé et publié bien des procédés pour le raffinage du nickel et dans beaucoup de cas on a procédé à des expériences considérables avec différents degrés de succès pour déterminer d'une façon précise si elles étaient industriellement pratiques. Tous ces travaux ne pourraient pas être discutés et expliqués convenablement ni même suffisamment dans les limites du présent rapport, même si les détails nécessaires étaient accessibles, mais il peut être bon de parler en termes généraux des procédés qui servent à présent à fournir du nickel sur un pied commercial ou qui semblent promettre de le fournir dans ces conditions prochainement.

Toutes ces méthodes sont basées sur certains principes bien connus et établis depuis longtemps, qui dans certains cas ont été élaborés en détail et qui sont comprises sous la désignation générale de procédés "par voie humide" et "par voie sèche." Certaines modifications et additions, dans les détails surtout, ont rendu récemment le raffinage du nickel beaucoup plus économique et praticable. Même ave les améliorations actuelles, les deux procédés présentent des obstacles très sérieux et très graves, parce que leur adoption nécessite d'abord des installations très grandes et très coûteuses, exposées à des renou vellements et à des changements fréquents, de plus la complication des opérations qui sont loin d'être encore parfaitement comprises et des réactions qui ne sont pas encore complètement appréciées, entraînent

une perte qui est loin d'être négligeable. D'un autre côté, cependant, on doit dire que, dans ces dernières années, le produit final a été tout ce qu'on pouvait désirer au point de vue commercial. Le procédé " par voie humide " qui reproduit, sur une plus grande échelle les opérations pratiquées dans un laboratoire de chimie pour l'analyse du nickel nécessite une installation considérable et coûteuse si l'on veut atteindre une forte production. Cette installation doit occuper une superficie considérable et il doit naturellement s'écouler beaucoup de temps avant que le minerai soit suffisamment raffiné pour pouvoir être mis sur le marché. Dans le cas de la mine Gap, on a constaté qu'il s'écoule quelquefois une année depuis le temps où le minerai a été extrait de la mine jusqu'au moment où le produit a atteint une forme commerciale.

Les méthodes actuelles de traitement empruntent aux deux méthodes " par voie humide " et " par voie sèche " plusieurs de leurs meilleurs traits, en ajoutant aux dernières étapes de ces procédés l'assistance de l'électrolyse et fournissant ainsi le métal à un état très pur. Pour le traitement de la matte cuivre-nickel concentrée pour obtenir des alliages de cuivre- nickel, généralement appelés argent Allemand, la matte bessemerisée est d'abord broyée en poudre et rôtie dans un four à réverbère pour enlever tout le soufre. Puis les oxydes sont réduits directement en alliages soit en les fondant au charbon de bois soit en les réduisant au moyen des gaz.

Pour le traitement de la matte nickel-cuivre concentrée en matte de nickel, oxyde de nickel et nickel métallique, les méthodes les plus usitées en vue pour la séparation du cuivre et du nickel sont les procédés Orford ou Américain, le procédé Mond et quelques procédés électrolytiques.

La totalité presque de la matte produite par la Canadian-Copper Company est raffinée par l'Orford Copper Co. à l'usine de Constable Hook, N. J., en face de Brighton, Staten Island, au moyen de ce que l'on appelle le procédé au sulfure alcalin. L'origine de ce procédé est très discutée, quelques-unes prétendent qu'il est de date toute récente et d'autres affirment que le principe sur lequel il repose est non-seulement connu depuis longtemps, mais encore a été pratiqué avec succès depuis bien des années. M. Robert, M. Thompson dans une étude sur ce procédé, en ce qui concerne l'Orford Copper Co., dit qu'il fut découvert accidentellement, au cours d'une longue série d'expériences infructueuses tentées pour trouver quelque procédé permettant de traiter avec succès certaines mattes vendues au gouvernement des Etats-Unis par le Canadian Copper Co. En visitant un jour les usines il remarqua quelques pots de mattes qui refroidissaient à côté d'un

fourneau et dont l'aspect lui parut extraordinaire. Il signala ce fait et comme il ne pouvait avoir aucun renseignement satisfaisant du surveillant ou du contre-maître, il fit des recherches personnelles dont le résultat fut la découverte du principe qui régissait la séparation et provoquait les "fonds" *(bottoms)* jaunes et les "têtes" *(tops)* noires. Après une longue série d'expériences sur une grande échelle, le procédé actuellement en usage s'élabora graduellement. M. J. W. Bain (1) dans son "Sketch of the Nickel Industry" signale le fait que, dans certaines descriptions qui accompagnent les demandes de brevets anglais et qui datent du 5 septembre 1839, il est fait incontestablement allusion à ce principe. De plus, dans une lettre publiée par l'Engineering and Mining Journal, au mois d'août 1893, un ancien employé de la Vivian Company à Swansea déclare que cette méthode a été employée à l'usine depuis nombre d'années. En tout cas l'application du procédé du sulfure alcalin, comme méthode précise pour la séparation du nickel et du cuivre était bien exposée à se perdre pour la métallurgie ou à être condamnée à une application restreinte si les gens de l'Orford, n'avaient pas, pour ainsi dire refait la découverte du principe sur lequel il repose. Cette compagnie mérite aussi que l'on tienne largement compte de la façon complète dont elle a élaboré les détails et assuré le succès économique de la méthode.

Dans le procédé de nickel Orford la matte concentrée ou bessemer est fondue dans un petit haut-fourneau avec des tourtes de sel ou du sulfate brut de sodium, produit chimique que l'on peut se procurer facilement et à bon marché. Le sulfate de sodium est réduit en sulfure qui forme avec les sulfures de cuivre et de fer une matte très fluide d'une densité moindre que le sulfure de matte. Dans le refroidissement les "têtes" et les "fonds" se séparent facilement, dans les têtes se trouve le gros du fer et du cuivre sous forme de sulfure avec le sulfure de sodium ; tandis que les fonds contiennent la plus grande partie du nickel avec de petites quantités de fer et de cuivre. Exposée à l'air la soude des têtes se convertit graduellement à l'état caustique. Ces têtes sont alors mélangées à de la matte fraîche et refondues et la soude caustique se change alors en sulfure de soude à même le nickel des fonds, produisant encore un mélange fluide de fer et de sulfures de sodium et de cuivre, tandis que le nickel, à l'état semi-métallique retombe encore une fois au fond. En alternant convenablement les opérations on obtient enfin un sulfure de nickel pur que l'on calcine simplement avec un peu de nitrate de sodium pour faire l'oxyde de nickel du commerce. L'oxyde est mélangé soit avec de la farine, de

(1) Ann. Rpe. Bur. of Mines, Ont., p. 220.

la mélasse, etc., et comprimé en cubes ou simplement avec du charbon de bois et réduit ensuite en nickel métallique en cubes ou en poudre. Ce produit n'est pas strictement un métal homogène, c'est un amas spongieux de parcelles métalliques conservant toutes les impuretés contenue dans l'oxyde avec en plus 0.5 à 2 p. c. de carbone. Pour produire le métal solide l'oxyde est fondu directement avec du charbon de bois et une petite quantité de fondant et moulé en lingots.

Nous donnons sur la page suivante la représentation schematique qui accompagne le travail de Titus Ulké (1) et qui fait parfaitement voir rapidement les diverses opérations nécessaires pour le procéde Orford.

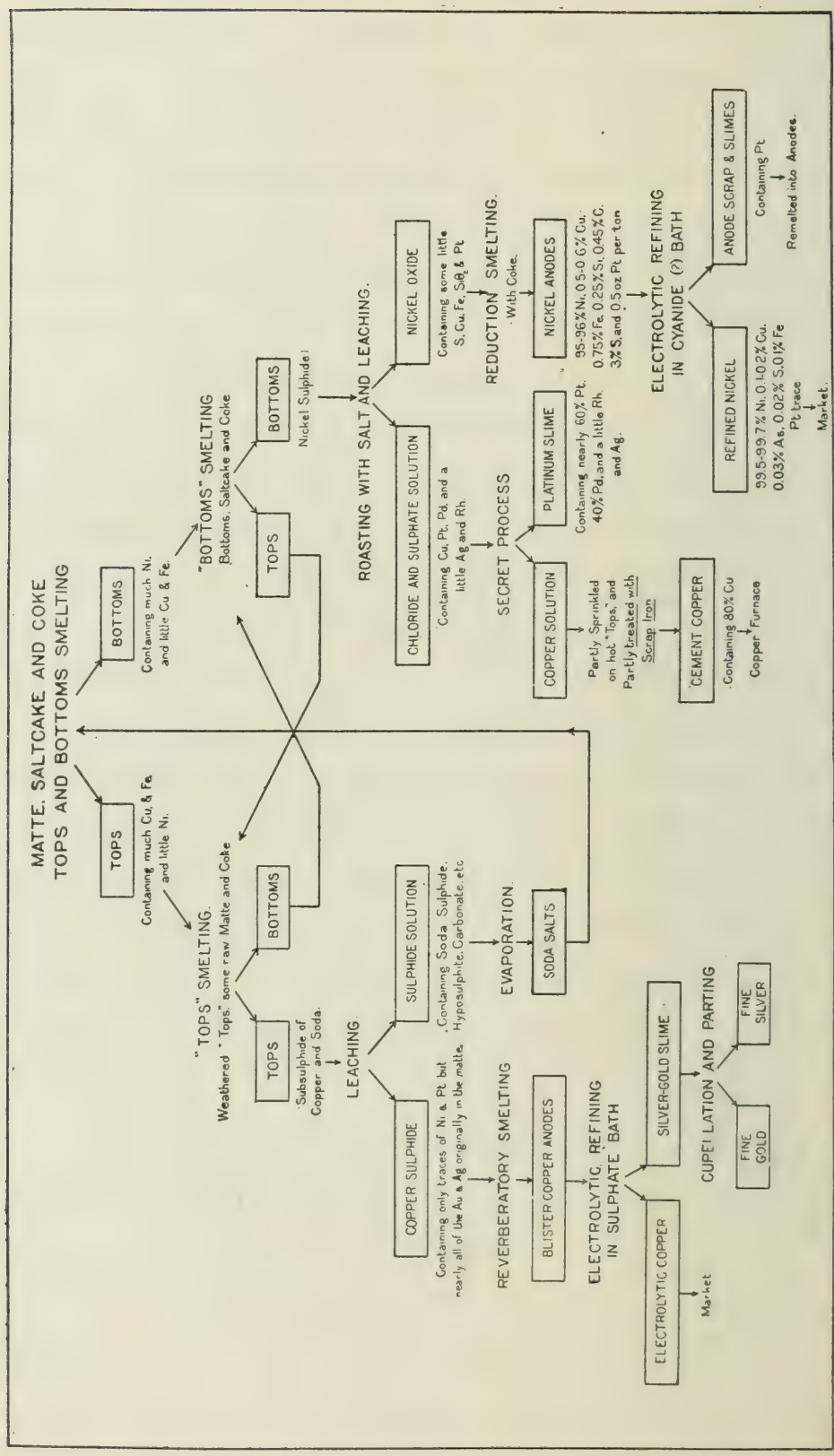
Le procédé Mond ou au monoxyde de carbone (2) repose sur ce fait que si le nickel en morceaux fins est exposé à un courant d'oxyde de carbonne, à une température inférieure à 150° C., il se forme un carbonyl de nickel dont la formule est Ni $(Co)_4$ qui est volatile à une température supérieure à 43° C. et qui se décompose à la température de 180° C. en nickel métallique et en oxyde de carbone. Le fer forme un carbonyl analogue, mais on ne connaît pas d'autre métal qui agisse de la même façon. Au cours du procédé il y a plusieurs difficultés à surmonter et ce n'est qu'en 1898 qu'il a atteint un degré d'avancement suffisant pour démontrer son importance pratique.

La matte bessemarisée des mines Victoria est d'abord rôtie à mort et on peut employer à cette fin n'importe quel fourneau convenable. Après le rôtissage la matte contient une moyenne de 35 p.c. de nickel et 43 p.c. de cuivre, et environ 2 p.c. de fer. On la traite alors avec de l'oxyde sulfurique dilué pour en extraire une partie du cuivre (environ 66 p.c.) et pas plus de 2 p.c. de nickel. Le cuivre est vendu comme sulfate de cuivre cristallisé. Le résidu de cette opération, après séchage, donne à l'analyse 45 à 60 p.c. de nickel (avec une moyenne de 51 p. c.) et 21 p. c. de cuivre. La troisième opération a pour objet la réduction du nickel et incidemment du reste du cuivre, à l'état métal lique sans inclure le fer.

---

(1) Eng. and Min Jour., vol. LXIV (3 juillet) 1897, p. 8-9.

(2) Roberts "Nickel Extraction by the Mond Process". Travail lu devant l'Institution des ingénieurs civils de Londres. Ang., le 8 nov. 1898, et Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont., vol. VIII, 1899, pp. 106-120.



Représentation schematique de la marche de la méthode Orford pour le traitement de la matte cuivre-nickel.

EXPLICATIONS.

Blister Copper—*Cuivre ampoulé.*
Bottoms—*Fonds.*
Cement Copper—*Cuivre de cimentation.*
Cupellation—*Coupellation.*
Cyanide—*Cyanure.*
Leaching—*Lixivation.*
Parting—*Séparation.*
Refining—*Raffinage.*
Reduction smelting—*Réduction.*
Reverberatory smelting—*Fusion au four à reverbère.*
Roasting—*Rôtissage.*
Salt Cake—*Tourtes de sel.*
Scrap iron—*Grenailles de fer.*
Slime—*Boue.*
Smelting—*Fonte.*
Sulphide—*Sulfure.*
Top—*Tête.*
Weathered—*Soumis à l'action atmosphérique.*

A cette fin, le fer est traité dans une tour de 7.5 m. de hauteur et contenant 14 tablettes creuses chauffées à la vapeur d'eau à pas plus de 300° C. et de préférence à 25°, quand il y a beaucoup de fer. Le mineral est déplacé d'étagère en étagère au moyen de rables mis en mouvement par un tourillon vertical. Les tablettes plus basses sont refroidies. La charge réduite est transférée à une autre tour semblable où s'opére la volatilisation au cours de laquelle une partie au nickel est enlevée par le monoxyde de carbone et forme le mélange carbonyl de nickel, mais la température ne doit pas dépasser 100° C. Le reste, en partant de ce volatilisateur, est rapporté à la tour de réduction et la charge continue à passer d'une tour à l'autre pendant une période de 7 à 15 jours jusqu'à ce que 60 p.c. à peu près du nickel ait été enlevé comme carbonyl de nickel. Le carbonyl de nickel passe au décomposeur qui est soit une tour ou une cornue horizontale chauffée à la température de 180° C. pour décomposer ce mélange et dégager le nickel à un état métallique, de préférence en granules de métal commercial ordinaire. Le monoxyde de carbone est aussi dégagé et rapporté à la tour de volatilisation pour recevoir une charge fraîche de nickel. On a affirmé que le procédé du Dr Mond, quoique très ingénieux et perfectionné, a donné certaines traces de faiblesse, comme par exemple l'imparfaite extraction du nickel, la nécessité de répéter plusieurs fois certaines opérations avant d'atteindre un résultat satisfaisant et d'obtenir une plus forte proportion de nickel. Les dangers d'explosion et d'empoisonnement par le gaz monoxyde de carbone ont, suivant toutes les apparences, contribué à retarder l'exploitation fructueuse du procédé sur une grande échelle pendant une période prolongée.

LE PROCÉDÉ ÉLECTROLYTIQUE HŒPFNER

On obtient par ce procédé une solution de chlorure qui a été débarrassée des autres métaux par voie chimique ou par voie d'électrolyse. La solution est neutralisée et acidulée ensuite avec quelque acide oxygéné faible, comme de l'acide citrique ou de l'acide phosphorique et l'électrolyse s'effectue des avec anodes insolubles. Les anodes sont plongées dans une solution de chlorure d'un métal plus électro-positif que le nickel. Les cathodes sont des plaques de métal rotatives ou vibrantes. Le chlore produit est recueilli.

LE PROCÉDÉ ÉLECTROLYTIQUE FRASCH

Ce procédé repose sur la réaction dans la décomposition électrolytique du sel commun. A l'anode se produit le chlore, au cathode la

soude caustique se forme par réaction secondaire. Quand elle est appliquée à la matte cuivre-nickel l'anode consiste en une couche de matière carbonacée. Celle-ci est recouverte d'une couche de matte et la matte d'une couche de sable qui sert de diaphragme entre l'anode et les sections du cathode. Le chlore produit dissout les métaux de la matte, en formant des chlorures. La solution est traitée pour les métaux qu'elle contient, au moyen de l'électrolyse ou chimiquement. On obtient de la soude caustique au cathode avec la solution d'hydrate de sodium.

PROCÉDÉ ÉLECTROLYTIQUE DE BROWNE

Dans ce procédé ([2]) le cuivre se dépose d'abord d'une solution de chlorures mélangés en employant des cathodes de cuivre pur et des anodes solubles d'alliage de cuivre et de nickel. La proportion primitive de chlorure de métal dans l'électrolyte est maintenue en partie par la solution de l'anode et en partie en faisant passer l'électrolyte par une tour remplie de matte Bessemer ou d'alliage à traiter, en contact avec le gaz de chlore produit à l'anode par la précipitation du nickel.

Quand l'électrolyte est riche en nickel et que presque tout le cuivre est déposé, le reste du cuivre est précipité avec du sulfure d'hydrogène ou un réactif semblable et le fer avec de l'ammoniaque. La solution de chlorure de nickel subit alors l'électrolyse en employant des cathodes de nickel pur et des anodes de carbone dans des compartiments fermés à l'eau d'où le chlore est conduit à la tour régénératrice.

PROCÉDÉ ÉLECTROLYTIQUE D'ULKÉ

Dans ce procédé ( ) on emploie une solution de sulfate des métaux au lieu d'une solution de chlorure comme dans les trois procédés qui viennent d'être décrits.

" Avec le procédé Ulké, il vaut beaucoup mieux employer une matière consistant en pas plus de 20 p. c. de nickel et pas moins de 80 p. c. de cuivre qui est fondue en plaques d'anodes. L'électrolyte consiste en une solution de sulfate de nickel et de cuivre et contient un excédent d'acide sulfurique à l'état libre et les cathodes sont des feuilles de cuivre pur. L'électrolyte est chauffée et tenue en circulation et de temps en temps on en tire une partie des cuves électrolytiques pour la remettre au degré voulu. L'électrolyte retirée est remplacée par un volume équivalent de solution de sulfate de cuivre contenant un excé-

(1) Min. Industry, Vol. X., 1901, p. 497.
(2) Min. Industry, Vol. X., 1901, pp. 497-498.

dent d'acide libre pour ramener l'électrolyte au degré. On obtient une portion de ce sulfate de cuivre comme produit secondaire de l'extraction du nickel ainsi qu'il est indiqué plus loin. Le cuivre est précipité (de l'électrolyte enlevée) avec du sulfure d'hydrogène et après filtrage le précipité de sulfure de cuivre est traité à l'acide sulfurique et à la chaleur pour recouvrer le sulfure d'hydrogène et faire le produit secondaire qu'est le sulfate de cuivre. Le sulfate de nickel est rendu ammoniacal et employé chaud comme électrolyte pour la précipitation du nickel en se servant d'anodes de plomb et des cathodes de nickel en feuilles. Pour éviter l'appauvrissement de cette électrolyte, on en retire périodiquement des portions ; l'ammoniaque est recouvré pour servir de nouveau et l'on ajoute du sulfate de nickel à l'électrolyte suivant les besoins pour lui conserver la force convenable. Le procédé est économique et produit à bon marché et constamment du nickel de haute qualité.

Un autre procédé pour l'extraction électrolytique du nickel, procédé qui fonctionne avec succès, est le procédé Balbach, pratiqué aux usines Balbach, N.-J. Mais ce procédé est entouré du secret le plus absolu.

NICKEL.

Le nickel est un métal relativement nouveau, pour notre civilisation occidentale, car il a été découvert en 1751 par le métallurgiste suédois Cronstedt. Ce n'est cependant qu'en 1754 que Cronstedt a déterminé d'une façon précise que c'était un nouvel élément. Son nom lui a été donné par le fait que c'est un élément constituant de la niccolite alors appelée "kupfernickel". La découverte de Cronstedt fut faite en examinant le minerai provenant des mines de Helsingland. En 1776, Engstrom a analysé la matière venue en Europe de Chine sous le nom de "Pachfong" et a constaté que c'est un alliage composé de quantités variables de cuivre, nickel et zinc, présentant généralement la composition suivante : 40 p.c. de cuivre, 15 p.c. de nickel et 45 p.c. de zinc. Cet alliage était employé en Chine depuis des années. Avant celà déjà, comme l'a fait remarquer le Dr Austen dans une "Esquisse historique du nickel", le roi de Bactérie Eutheydemos qui régnait en l'an 235 environ avant J.-C., employait pour la fabrication de ses monnaies un alliage de nickel contenant 77.58 p.c. de cuivre, 20.04 p.c. de nickel et 1.72 p.c. d'autres impuretés, comme du fer, du cobalt, de l'étain, de l'argent et du soufre. Il est très remarquable qu'après tant d'années l'alliage actuellement employé pour la fabrication des pièces de monnaie est d'une composition très semblable, contenant environ 75 p.c. de

cuivre et 25 p c. de nickel qui est la meilleure proportion indiquée par l'expérience pour cet usage-

Le nickel à l'état pur est blanc d'argent, dur, résistant, difficilement fusible, sensible au magnétisme, sans l'être autant que le fer. Il a la propriété de perdre ce magnétisme s'il est chauffé et de le reprendre au refroidissement, cette particularité étant utilisée pour la fabrication de certains alliages destinés aux usages électriques. Le nickel a une densité de 8.5 à 8.9.

La pureté du nickel que l'on trouve couramment s'est continuellement améliorée depuis qu'il a été fabriqué pour la première fois. Ceci ressort des tableaux ci-joints d'analyses faites sur les produits commerciaux. Les trois premières analyses sont tirées du " Mineral Industry " et ont été faites en 1891. Toutes les autres datent de 1898 et 1899.

TABLEAU D'ANALYSES DE NICKEL DU COMMERCE.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Nickel	97.63	97.44	97.38	98.89	98.80	98.80	99.80	99.82	99.43	98.76
Cobalt	1.19	trace	1.70	0.14	.....	.....	aucun	.....	.....	.....
Fer	0.75	0.301	0.06	0.43	0.60	0.60	0.13	0.10	0.43	0.91
Cuivre	0.15	.....	0.68	0.10	0.11	.....	aucun	.....	.....	0·10
Soufre	0.04	0.104	0.013	.....	0.016	0.016	0.006	0.0068	0.0099	trace
Carbone	.....	.....	.....	0.40	0.16	0.16	0.05	0.07	0.087	.....
Silicon	.....	.....	.....	0.02	0.09	0.09	aucun	.....	.....	0.26
Manganèse	.....	.....	.....	0.02	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Etain	.....	.....	.....	.....	0.11	.....	.....	.....	.....	.....
Arsenic	.....	.....	.....	.....	0.11	0.11	.....	.....	.....	aucun
Matières insolubles	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.026	.....
Carbone, Silicon, etc	0.24	0.2155	0.167	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Analyses I. Anode de nickel laminée (allemand) ; F. P. Dewey, analyste, 1891.
" II. Nickel fondu, Gard, analyste 1891.
" III. Nickel à disque ; F. P. Dewey, analyste, 1891.
" IV. Nickel américain ; par Forester, cité par Ulké, Min. Ind. Vol VI, p. 595.
" V. Cubes ; Ferro-nickel Co., Inst. Civil Eng., London, Eng., Mars 28, 1899.
" VI. Nickel Thompson ; Inst. Civ. Eng. London, Eng., Mars 28, 1899.
" VII. Nickel Mond ; Inst. Civ. Eng. London, Eng., Mars 28, 1899.
" VIII-IX. Nickel Mond ; Inst. Civ. Eng. London, Eng. Nov. 8, 1898.
" X. Nickel Wharton ; par J. W. Bain, Ann. Rep. Bur. of Mines, Ont. 1900, p. 223.

EMPLOIS.

Ce métal a d'abord servi à fabriquer le nickel ou argent allemand, qui fut substitué au métal précieux pour la fabrication des cuillères, des fourchettes et autres articles pour lesquels on avait jusqu'alors employé l'argent. Sa blancheur et la facilité avec laquelle il reçoit et conserve l'argentage accrut encore son emploi aussitôt que fut découvert le procédé de galvanoplastie. Mais depuis, ce procédé a été en grande mesure détrôné par le plaquage du nickel sur le fer qui donne un aspect absolument similaire à celui de l'argent allemand.

Le nickel est aussi employé beaucoup pour la fabrication des monnaies en Europe et en Amérique ; ces pièces consistent généralement en un alliage de 75 à 88 p. c. de cuivre et 12 à 25 p. c. de nickel. Récemment l'Autriche et la Suisse ont décrété l'emploi de nickel pur pour les monnaies.

Le nickel pur sert maintenant à faire de petits objets qui étaient autrefois simplement plaqués avec du nickel. Une alliage de 20 p. c. de nickel et 80 p. c. de cuivre est employé aujourd'hui pour revêtir les balles de fusil. L'alliage a plus de tenacité que le meilleur cuivre et son coefficient d'élongation est plus élevé.

En raison des propriétés colorantes intenses du nickel (elles sont plus élevées que celles d'aucun autre métal sauf l'étain) ces alliages ont presque la même couleur que le nickel pur.

Les alliages zinc-cuivre-nickel sont généralement beaucoup plus employés. Ils ont été primitivement introduits de Chine en Europe au dix-huitième siècle sous le nom de Packfong ou argent de Chine et ce n'est que plus tard qu'on s'est aperçu qu'ils consistaient en nickel-cuivre et zinc. Quand les maisons européennes commencèrent à se servir de ces alliages pour leur fabrication, elles leur ont donné plusieurs noms, comme argent allemand, argentan, etc.

Voici d'après la "Technologie" de Lodeburg des analyses de quelques-uns de ces alliages :

——	Cuivre.	Zinc.	Nickel.	Fer.
Nouvel argent anglais.....	63·34	17·01	19·13	0·52
" " viennois.....	55·60	22·20	22·20	.....
" " français.....	50·00	31·25	18·75	.....
" "	59·10	30·20	9·70	1·00
" "	69 90	5·60	19·80	4·70

Ces alliages servent surtout à fabriquer des fourchettes, des cuil lères, etc. et divers ustensiles de ménage que l'on argente ; ainsi qu'un grand nombre d'instruments scientifiques pour lesquels on employait autrefois le cuivre.

L'addition d'un peu de magnésium au nickel en fusion augmente sa malléabilité et cette propriété a été utilisée pour la fabrication du nickel en feuilles et aussi pour faire des feuilles composées d'une plaque de fer et de plaques de nickel soudées de chaque côté du fer, le tout pouvant ensuite être laminé de l'épaisseur requise. Ces plaques de nickel laminées sont bien préférables au fer blanc ordinaire pour les usages culinaires ou autres.

Le zinc plaqué avec du nickel ou nickeloïde, comme on le désigne est très employé pour la fabrication des réflecteurs, de garnitures de glacières, de baignoires, etc.

L'emploi le plus important et le plus considérable du nickel consiste dans la fabrication de l'acier nickelé et c'est dans cette direction que l'on doit étudier le développement de l'industrie du nickel pour remplacer l'acier au carbone et au manganèse. L'attitude particulièrement précieuse du nickel dans ses alliages avec d'autres métaux, spécialement avec le fer et l'acier a été souvent constatée ; la matière résultante tient beaucoup plus de la combinaison chimique que d'un mélange intime ordinaire. Tous ces alliages sont remarquablement homogènes susceptibles d'être bien polis, quoique la manipulation en soit difficile. Pour obtenir une idée exacte de l'utilité ou de la valeur des alliages de nickel et de fer et d'acier, il ne faut pas perdre de vue que ces mélanges contiennent du manganèse, du carbone, du silicon, du soufre et du phosphore dont l'influence réciproque doit être attentivement surveillée et qui nécessite une longue série d'expériences. Un alliage à 4.7 p. c. de nickel à de l'acier éleve la limite d'élasticité de l'acier de 16 à 28 tonnes et l'effort de brisure de 30 à 40 tonnes sans nuire d'une façon appréciable aux qualités d'élongation et de contraction. On a constaté un accroissement de dureté jusqu'à ce qu'on eût atteint 28 p. c. de nickel ; mais alors il se produit un changement et si l'on continue à ajouter du nickel le métal devient plus tendre et plus flexible. Les alliages se polissent bien et la couleur de l'acier pâlit si l'on augmente la proportion de nickel. Ils ne se rouillent pas aussi facilement que d'autre acier. Le nickel-acier à un pour cent se soude facilement mais cette propriété diminue avec chaque addition de nickel. On peut donc parfaitement dire qu'il y a des avantages considérables à retirer de ces alliages, surtout quand la quantité du nickel présent est moindre de 5 p. c. L'acier nickelé est maintenant employé à un grand nombre

d'usages, en particulier pour les rails de chemin de fer. On a essayé ceux-ci pendant plusieurs années, à Cumberland Gap, aux Etats-Unis et ils ont donné beaucoup de satisfaction. La mise de fonds est considérablement plus élevée, mais on peut faire des rails plus légers et qui durent plus longtemps que les rails d'acier ordinaines. Son emploi le plus important cependant est pour les plaques de blindage et pour les grosses pièces. Pour les pièces de machinerie soumises à des alternances d'efforts et de chocs et où il faut une augmentation de force et une diminution de poids, il est sans rival. Cette qualité notable le désigne naturellement pour la fabrication des arbres de couche des générateurs et des hélices et sa supériorité est maintenant reconnue sans conteste. Par suite de sa résistance à la "fatigue" causée par des vibrations persistantes, il est particulièrement précieux pour les tiges de piston de marteau pilon, pour les tiges de piston de perforatrices pour les essieux de chemin de fer, et les boulons de réservoirs ; ainsi que pour les chassis de machine, forgés légers, les boulons pour pression hydraulique extrême, les bicycles, etc., il est recommandé aussi pour la fabrication des machines des bocards et des cables métalliques. Des cables d'acier nickelés seraient moins exposés à la rouille et auraient plus de force de tension que les cables actuellement employés.

Le coefficient de dilatation de l'acier nickelé avec 36 p.c. de nickel est seulement de 0.00000087 et celui des matériaux ordinaires varie de 10 à 20 fois ce chiffre. La modicité de ce coefficient de dilatation est certainement précieuse pour beaucoup d'usages. Les alliages avec 42 ou 46 p.c. de nickel ont le même coefficient que certaines espèces de verre, ce qui les rend utiles pour remplacer le platine beaucoup plus coûteux dans le cas où faut souder du métal et du verre.

D'autres alliages de nickel sont cités dans le "Mineral Industry", vol. X. C'est le nickel aluminum avec une force de tension de 40,000 livres par pouce carré et une limite d'élasticité de 35,000 livres par pouce carré.

Le nickel chromé, contenant généralement 73 p.c de chromium, 23 p.c. de nickel, 2.5 p. c. de fer, 2 p. c. de carbone, 0.5 p. c. de silicon est employé à fabriquer de l'acier pour les projectiles et les plaques de blindage et que l'on dit meilleures que les plaques de blindage Harveyisées. Le nickel à tungstène a une composition analogue au nickel chromé, le tungsten prenant la place du chrome.

Le nickel molybdèné avec 45 ou 75 p.c. de molybdène, 20 à 50 p.c. de nickel, 2 à 2.5 p.c. de fer, 1 à 1.5 p.c. de carbone et 0.25 à 0.50 p.c. de soufre, est très employé pour la fabrication d'articles de forge, fusils, fils métalliques, plaques de chaudières et obus.

Nous ne faisons qu'entrer dans l'ère de l'acier nickelé, car c'est en 1888 seulement que ce précieux alliage a été fabriqué sur une échelle considérable. Le Canada possède à sa disposition les plus grandes quantités connues des meilleurs minerais de nickel du monde, et la qualité du nickel métallique produit atteint un haut degré, comme le démontrent les analyses que nous avons citées. Il n'entre pas dans le cadre de ce rapport de discuter les qualités multiples de l'acier nickelé, et les grands avantages que l'on peut tirer de son emploi. En 1889, MM. R. A. Hatfield (1) et David H. Brown (2) ont publié deux études très complètes sur ce sujet, et le lecteur peut s'y reporter pour obtenir des informations plus détaillées. Dernièrement, le Dr Waddell a été employé sous les auspices de l'International Nickel Company, à faire une série laborieuse d'essais et d'expériences de l'acier nickelé en ayant en vue surtout son emploi pour la construction des ponts. Le public en général, et plus particulièrement le public nombreux du Canada intéressé au développement de l'industrie du nickel, sera heureux d'être mis au courant des conclusions du Dr Waddell qui, nous l'espérons, ne seront pas tenues secrètes sous le prétexte qu'elles sont d'une nature confidentielle.

PRODUCTION DU NICKEL ET DU CUIVRE DE LA RÉGION DE SUDBURY.

Il est difficile d'obtenir des données exactes sur la production des mines de nickel et de cuivre de la région de Sudbury pendant les trois années d'exploitation de 1886 à 1888 inclusivement. Ainsi M. R. R, Maffett, surintendant de la Orford Copper Company à New-Brighton. L.I., N.-Y., en réponse à une demande adressée à M. A. P. Turner, président de la Canadian Copper Company, à Copper Cliff,Ont., dit que en 1886, 1,040 tonnes de minerai contenant 7.2 p.c. de cuivre et 3 p.c. de nickel ont été extraites à Copper Cliff et, en 1887, 8,864 tonnes contenant 8.56 p.c. de cuivre et 3.31 p.c. de nickel sont sorties de la même mine. D'après les détails fournis à la Commission géologique par le ministère des Douanes, 3,307 tonnes de minerai de cuivre ont été expédiées de Sudbury en 1886 et la valeur douanière déclarée était de $16,404 ; et en 1887, 567 tonnes de minerai semblable ont été aussi expédies avec une valeur déclarée de $3,416. Une évaluation minutieuse et sans exagération de la production totale donnerait pour les trois années 30,000 tonnes de minerai avec une moyenne de 5 p.c. de cuivre et 3 p.c. de nickel, soit 900 tonnes de nickel et 1,500 tonnes de cuivre. En évaluant ce nickel à la cote moyenne du marché au

(1) Proc. Inst. Civil Eng., Londres, vol. cxxix, pp. 1-167.
(2(Trans. Inst Min. Eng., vol. xxix, (sept.) 1899, pp. 569-648.

cours de ces trois années, soit 62.12 cts par livre, la valeur totale finale du nickel extraite s'élèverait à $1,118,160, et le cuivre, au prix moyen de 12 cts la livre, donnerait $360,000. D'après les états annuels fournis à la Commission géologique et au Bureau des mines d'Ontario, le totale du minerai dans cette région, y compris l'évaluation donnée plus haut pour les trois premières années, s'élève 2,093,427 tonnes. La quantité total de nickel en matte vendue de 1889 à 1903, ces deux années comprises, s'est élevée à 39,827 tonnes, donnant une valeur finale à New-York au plus bas prix moyen de l'année où la matte a été mise sur le marché, se montait à $35,603,282, et le cuivre existant dans la matte pour la même période se montait à 37,429 tonnes qui, au prix moyen du cuivre dans l'année de vente ont dû réaliser $9,799,730. Si nous ajoutons les trois premières années dont nous avons déjà donné les chiffres, nous obtenons un montant total de nickel vendu de 40,727 tonnes représentant $36,721,432 ; et le cuivre se serait élevé à 38,929 tonnes, donnant $10,159,739.

Ce minerai de nickel et de cuivre contient aussi du cobalt, et la moyenne des essais opérés laisse supposer qu'il n'y a pas d'exagération à porter à 50 pour 1 la proportion du nickel au cobalt. Si tout ce cobalt avait pu être recueilli, on aurait obtenu 815 tonnes de cobalt qui au prix de $3 la livre représenteraient $4,890,000. De plus, ces minerais contiennent des quantités très appréciables de métaux précieux comme or, argent et métaux du groupe platine. Les métaux de platine constituent une moyenne de 1.25 once ; l'or, 0.375 d'once ; et quant à l'argent on calcule qu'il y en a 7.5 onces par tonne de nickel, ce qui est une moyenne très basse. D'après ce calcul, la valeur des métaux précieux, au prix moyen du marché de New-York, dans les années de production, serait comme suit : or, $305,460 ; argent, $195,286 ; platine, $805,429 ; total, $1,306,175.

Le total de la valeur finale à New-York des différents métaux contenus dans ces minerais aurait donc été la suivante :

Nickel	$36,721,432
Cobalt	4,890,000
Cuivre	9,799,739
Or	305,460
Argent	195,286
Platine	805,429
Total	$52,717,346

Sur cette production totale de minerai les quatre cinquièmes environ peuvent être portés au crédit de la Canadian Copper Company. Cette

compagnie ne tient pas pour le moment à faire connaître la production de chaque mine en particulier ; mais grâce à l'obligeance de M. A. P, Turner, président de la Canadian Copper Company, je suis en mesure d'indiquer que les trois plus grandes de leurs mines ont donné les quantités suivantes de minerai jusqu'au 1er juin 1904 :

Mine Stobie.....	419,000 tonnes.
Mine Copper Cliff.....	366,000 "
Mine Creighton.....	310,000 "

Quelques-unes des autres mines ont donné aussi de grandes quantités de minerai, en particulier la mine Evans, les mines N° 2 et N° 3 (mine Frood) qui ont produit toutes les trois entre 100,000 et 200,000 tonnes de minerai. La mine Creighton est, sans aucun doute, la plus grande mine de la région et on considère qu'elle peut donner plusieurs millions de tonnes de minerai de haute teneur. Le minerai extrait à présent donne une moyenne d'environ 5 p,c. de nickel et 2 p.c. de cuivre. Pendant le mois de mai dernier (1904) on a extrait 19,000 tonnes et on s'attendait à extraire en juillet 22,000 tonnes. On se propose de construire prochainement un autre chevalement plus à l'ouest sur le même gisement, ce qui doublera presque la production. La vieille mine Blezard appartenant à la Dominion Mineral Company, a produit probablement 100,000 tonnes de minerai, et 25,000 tonnes semblent être un chiffre raisonnable à attribuer à la mine Worthington, La mine Victoria, appartenant à la Mond Nickel Company, a produit environ 80,000 tonnes de minerai, et la même compagnie, jusqu'au 1er juin 1904, a extrait environ 13,000 tonnes de la mine North Star La mine Murray a produit 62,193 tonnes et la Lake Superior Power Company a retiré 33,835 tonnes de la mine Elsie et 18,000 tonnes de la mine Gertrude jusqu'à la fin de 1903.

Les tableaux suivants sont des reproductions des rapports annuels de la Section des mines et de la statistique minérale de la Commission géologique et du Bureau des mines d'Ontario. Ils ont été préparés par M. J. McLeish, chargé avec M. E. D. Ingall de cette branche de travail. Ils démontreront d'une façon graphique les détails des opérations minières exécutées dans cette région de 1889 à 1903, ces deux années incluses.

Production de nickel et de cuivre, Région de Sudbury, Ontario, d'après la Section des Mines, Commission Géologique.

Année civile.	Minerai extrait.	Minerai traité.	Matte ordinaire vendue et expédiée.	Matte de haute teneur vendue et expédiée.	Valeur de la matte sur les lieux.	Teneur en nickel de la matte vendue.	Valeur finale du nickel.	Teneur en cuivre de la matte vendue.	Valeur finale du cuivre.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	$	Tonnes.	$	Tonnes.	
1886	3,307	30,000?	.....	.....	.....	900?	1,118,160?	1,500?	360,000?
1887	567								
1888	.....								
1889	44,990	40,146	3,274	.....	.....	432	518,602	733	201,678
1890	.....	.....	.....	.....	.....	718	933,232	651	205,233
1891	83,300	72,558	10,336	.....	.....	2,018	2,421,208	2,064	531,234
1892	74,381	57,022	.....	.....	.....	1,207	1,399,956	1,102	254,538
1893	.....	.....	9,425	.....	.....	1,991	2,071,151	1,821	391,461
1894	103,223	96,038	11,681	.....	766,422	2,454	1,870,958	2,604	497,854
1895	74,135	68,618	10,188	.....	890,834	1,944	1,360,984	2,288	492,414
1896	94,966	71,027	10,759	.....	416,594	1,699	1,188,990	1,584	344,598
1897	93,154	96,370	13,968	.....	.....	1,999	1,399,176	2,750	621,023
1898	123,820	121,924	.....	.....	.....	2,759	1,820,838	4,187	1,007,539
1899	159,957	172,761	.....	.....	702,341	2,872	2,067,840	2,834	998,135
1900	196,420	.....	23,336	.....	1,076,306	3,540	3,327,707	3,364	1,089,383
1901	315,692	255,958	.....	.....	1,661,839	4,594	4,594,523	4,318	1,392,018
1902	269,538	211,847	23,211	2,100	1,327,448	5,347	5,025,903	3,553	826,175
1903	136,033	207,030	.....	13,832	2,686,469	6,253	5,002,204	3,576	946,456

Production de nickel et de cuivre, Région de Sudbury, Ontario. Extrait des rapports annuels du Bureau des Mines d'Ontario.

Année.	Minerai sorti.	Minerai fondu.	Matte ordinaire produite.	Matte de haute teneur produite.	Valeur de la matte sur les lieux.	Pourcentages de la teneur en Ni. et Cu. du minerai fondu.		Teneur de la matte en nickel.	Teneur de la matte en cuivre.	Cobalt.	Valeur sur les lieux du nickel dans la matte.	Valeur sur les lieux du cuivre dans la matte.	Valeur sur les lieux du cobalt dans la matte.	Salaires payés.	Hommes employés.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	$	Ni.	Cu.	Tonnes.	Tonnes.	To's	$	$	$	$	
*1890. . .	130,278	59,329	.....	.....	....	.....	....	.....	.....	....	.....	.....	.....	.....	.....
*1891.....	85,790	71,480	.....	.....	....	. ..	.....	.....	.....	...	.....	.....	.....	.....	.....
*1892.....	72,349	61,924	6,278	1,880	826,750	3.362	3.126	2,080	1,936	8½	590,902	232,135	3,713	339,821	690
*1893.....	64,043	63,944	7,176	452	539,302	2.585	2.237	1,653	1,431	19	445,702	115,200	9,400	252,516	495
*1894.....	112,037	87,916	10,410	1,470	809,974	2.924	3.125	2,570½	2,748	3¼	612,724	195,750	1,500	311,719	655
*1895	75,439	86,546	12,525	103	565,774	2.675	2.733	2,315¾	2,365¾	...	404,861	160,913	..... .	209,960	444
1896.....	109,097	73,505	9,733	.....	487,660	2.651	2.534	1,948½	1,868	....	357,000	130,660	.....	247,151	485
†1897.....	93,155	96,094	13,706	328	559,718	2.080	2.861	1,999	2,750	....	359,651	200,067	.....	253,226	535
†1898.....	123,920	121,924	21,101	.....	782,300	2.283	3.433	2,783¾	4,186¾	....	514,220	268,080	.....	315,501	637
†1899... .	203,118	171,230	19,109	106	702,340	1.677	1.655	2,872	2,834	....	526,104	176,236	.....	443,879	839
†1900	216,695	211,960	23,336	112	1,076,307	1.670	1.587	3,540	3,364	....	756,626	319,681	.....	728,946	1,444
†1901.....	326,945	270,380	29,588	15,546	2,449,050	1.642	1.552	4,441	4,197	....	1,859,970	589,080	.....	1,045,889	2,284
1902.....	269,538	233,388	24,691	13,332	2,827,724	2.547	1.742	5,945	4,066	...	2,210,961	616,763	.....	835,050	1,445
1903. ...	152,940	220,937	30,416	14,419	3,082,714	3·167	1,812	6,998	4,005	....	2,499,068	583,646	.....	746,147	1,277

* Année terminée le 31 octobre.
Année terminée le 31 décembre.

PRODUCTION MONDIALE DU NICKEL.

De 1840 à 1860, la production annuelle du nickel a atteint à peine une moyenne de 100 tonnes métriques par année et n'a jamais dépassé au cours d'une année 200 tonnes métriques. De 1860 à 1880, on constate une augmentation graduelle, mais bien marquée, jusqu'à 600 tonnes métriques ; cependant, en 1874, il a été produit un peu plus de 700 tonnes métriques. En 1880, la production des mines de la Nouvelle-Calédonie entre en jeu sur le marché avec une production de 200 tonnes métriques au début, par année, pour augmenter jusqu'en 1884, où la production est de 1,000 tonnes environ. Dans l'année 1889, les produits des mines de Sudbury apparaissent sur le marché, mais il n'est vendu que 432 tonnes. Mais, en 1891, il s'est vendu 2,018 tonnes (1,830 tonnes métriques) de nickel provenant des mines de Sudbury, et en même temps la production des mines de la Nouvelle-Calédonie qui avait atteint le chiffre de 2,494 tonnes métriques est tombée à 1,696 tonnes métriques en 1892. En 1893, la production mondiale totale du nickel s'est élevée à 4,412 tonnes métriques, la quantité de produit canadien placé sur le marché étant de 1,807 tonnes métriques, tandis que la Norvège, dans cette même année, a produit environ 90 tonnes métriques et les Etats-Unis 22.4 tonnes métriques.

Ces chiffres dénotent une autre augmentation rapide jusqu'en 1901, époque à laquelle il a été produit un total de 9,381 tonnes métriques le nickel canadien s'élevant à 4,168 tonnes métriques et la Nouvelle Calédonie donnant 5,210 tonnes métriques, tandis que les Etats-Unis produisent seulement 3 tonnes de nickel avec les minerais du pays.

En 1902 le total de la production mondiale s'élève à 8,473 tonnes métriques ; mais là-dessus, la part du Canada est de 4,850 tonnes et la production de la Nouvelle Calédonie indique une baisse à 3,620 tonnes.

En 1903 la quantité de nickel canadien se monte à 6,348 tonnes métriques et la Nouvelle Calédonie produit seulement 4,750 tonnes métriquss.

La production mondiale totale du nickel en 1903 d'après la Metallgesellschaft s'est élevée 9,850 tonnes métriques. Il est évident, cependant que cette estimation est trop modique et que la production réelle dépasse de beaucoup ce chiffre car les rapports officiels pour le Canada et les Etats-Unis, tels que donnés par la Commission géologique et le Bureau des mines d'Ontario portent la production à 6,400 tonnes métriques au lieu de 5,100 tonnes métriques qui figurent dans la revue allemande. En tenant compte de ces chiffres officiels et en ajoutant

la production de la Nouvelle Calédonie telle qu'elle figure à la Metallgesellschaft (4,750 tonnes métriques) on obtient un total général de 11,150 tonnes métriques, pour la production mondiale totale de 1903.

Ces chiffres sont très encourageants pour le Canada et avec la vulgarisation constante des connaissances sur la vraie valeur et la multiplicité des emplois du nickel, en vertu de ses nombreuses et précieuses qualités physiques, la production du nickel doit doubler dans les cinq années à venir. Il faut espérer que sur ce chiffre la part du Canada doit atteindre les trois quarts du total.

Le tableau suivant indique à première vue et avec beaucoup plus de détails la production mondiale annuelle du nickel de 1889 à 1902. On n'a pas encore pu se procurer la production étrangère pour 1903.

Ces statistiques proviennent principalement de la Metallgesellschaft et de la Métallurgische Gesellschaft (Francfort-sur-le-Main), août 1903, p. 23.

La production des Etats-Unis en nickel provenant de minerais du pays est donnée d'après les "Mineral Resources" des Etats-Unis et celle du Canada est empruntée à la Section des statistiques minérales et Mines, de la Commission Géologique du Canada, sauf 1903 pris dans le rapport du Bureau des Mines. Les chiffres de la production canadienne comprennent le nickel réellement vendu tandis que ceux du Bureau des Mines, indiqués dans un tableau spécial donnent la totalité du nickel produit, dont une partie est restée en réserve.

Les chiffres pour l'Allemagne représentent la production de la Prusse. La Saxe produit aussi du nickel, mais nous n'avons pas pu nous procurer de détails précis.

PRIX DU NICKEL

En 1876, le prix du nickel était de $2.60 la livre. En 1877, il est tombé à $1.60 la livre et en 1888, il a encore subi une baisse à $1.10 la livre. En 1879, il a un peu remonté à $1.12 la livre, mais en 1880, il est redescendu à $1.10 et est resté à ce prix jusqu'en 1883, époque à laquelle le prix a commencé à descendre jusqu'à 60 cts. A présent les prix cotés par les principaux producteurs varient de 40 à 47 cts la livre pour les grandes quantités et par tonne suivant l'importance et les conditions du contrat. Le prix par petits lots suivant la quantité, va jusqu'à 60 cts la livre pris à New-York.

Production mondiale du nickel (en tonnes métriques).

Année.	Suède et Norvège.	Teneur en nickel des minerais exportés de la Nouvelle Calédonie.			Total. (Nouvelle Calédonie.)	Canada.	Etats-Unis.	Grand total.	Prix moyen par livre à New York.
		Allemagne.	France.	Grande-Bretagne.					
1889	80	282	1,050		1,332	377	114·606	1,904	60 c.
1890	100	434	1,200		1,634	651	101·372	2,486	65 c.
1891	125	594	1,900		2,494	1,830	53·750	4,503	60 c.
1892	97	746	950		1,696	1,095	41·845	2,930	58 c.
1893	90	893	1,600		2,493	1,807	22·407	4,412	52 c.
1894	90	522	1,900		2,422	2,226	4·362	4,742	38⅛ c.
1895	40	698	1,850		2,548	1,764	4·673	4,357	35 c.
1896	20	822	1,545	340	2,707	1,541	7·788	4,276	35 c.
1897	.....	898	1,245	715	2,858	1,813	10.753	4,682	35 c.
1898	.....	1,108	1,540	1,000	3,648	2,503	5·055	6,156	33 c.
1899	.....	1,115	1,740	1,350	4,205	2,605	10·224	6,820	36 c.
1900	.....	1,376	1,700	1,450	4,526	3,211	4·407	7,741	47 c.
1901	.....	1,660	1,800	1,750	5,210	4,168	3·039	9,381	50 c.
1902	.....	1,604	1,110	1,310	4,024	4,850	2·607	8,877	47 c.
1903	.....	1,600	1,500	1,650	4,750	5,348	51.801	11,150	40 c.

INDEX

PAGE.

ACCIDENTS 199
ACIER, WAGONS D' 42
ACTINOLITE, DIORITE À 129
ADAMS, PROF. FRANK D..18, 135, 160, 163, 171
AFRIQUE DU SUD 157
AIMANT 23, 24
ALCALIN, MÉTHODE DU SULFURE 233
ALBERGER CONDENSER CO., N.-Y 223
ALGOMA NICKEL CO 36
ALLAN, W.A A 172
ALLEMAND, ARGENT 233
ALLIAGES 243, 246
ALTITUDES 50
AMERICAN NICKEL WORKS 30
AMPHIBOLE, PORPHYRITE À 61
SCHISTE À 62
AMPHIBOLITE 62
ANALYSES.
Bessmer, mattes 229
scories 229
Cuivre-nickel, stalactites 203
Cuivre, minerai 11
Danaïte 111
Domeykite 159
Fer, minerai 157
Fer, pyrites, N Burgess, Ont 160
St-Jérôme, Qué 160
Fourneau, matte de...213, 214, 217, 218, 220
Garnierite 193
Genthite 188
Gersdorfitte 110
Magnétique, trap 24
Marcassite 104
Niccolite 110
îles Michipicoten 158
Niccolite, minerais de (dist. Témiscamingue) 167
Nickel, alliages de 248
commercial 244
minerais de, Autriche 184
Canada 169, 176
Noumea 194
Région de Sudbury 119, 121, 143
Scandinavie 179, 180
silicates de, Orégon, E.-U. A.. 189
Norite 93
Olivine, diabase à 98
Pentlandite 100
Polydymite 106
Pyrite 102
Pyrrhotine, Cté Charlotte, N.-B 163
Ile du Calumet, Q 164
ANGLESEA, CTÉ D'ADDINGTON, ONT 169
ANGLO-AMERICAN IRON CO 30
NICKEL CO 190
ANNABERGITE 111, 166
ANTHRAXOLITE 80
APATHITE 60
ARGALL, PHILIPP 18

PAGE.

ARGENT, DIST. SUDBURY, ONT 10, 118
ARGENT DANS LES MINERAIS DE NICKEL SCANDINAVES 179
ARGENT, REFLET 156
ARGENTA, DIST. KOOTENAY, O., C.-A 174
ARIZONA, E.-U 156
ARMOUR, PLAQUES DE BLINDAGE 245
ARROW, LAC, HAUTE KOOTANIE, O., C.-A. 173
ARSENIC 138
ARSENIURE, MINERAI 153
ARSENIOLITE 166
ASBOLITE 168, 191
ATTWOOD, GEORGE 11, 117, 120
AULTMAN & TAYLOR MACHINERY CO., O.. 223
AUSTIN, DR. W. L 190
AUSTRALIE 157
AUTRICHE 184
AUTOCLASTIQUE, DIORITE 71
AYLWIN TP., CTÉ OTTAWA, Q 172
AZILDA 50, 70
BAIN, J. WATSON 19, 118, 213, 217, 234
BALFOUR, TP 80
BAMLE, DISTRICT DE (NORVÈGE) 179
BARCLAY SOUND, I.V 172
BARLOW, DR. ALFRED E....13, 20, 108, 133, 171
BARRACHOIS, HAVRE AU, C.-B 176
BATHOLITHES 55, 82, 85
BAWDEN, J 171
BAYONNE, N. J 30
BEATRICE, MINE 103, 105
BEHENNA, G. H 34
BEIERN, NORVÈGE 181
BELL, DR. ROBT 5, 12, 13, 78, 150
BENNO, MINE, SILÉSIE, AUT 184
BERG, J. FR 152
BESSMER, MATTE 217
PROCÉDÉ 44
BICYCLES 245
BIG LEVACK, CONCESSIONS 37, 38
BIOTITE, SCHISTES À 63
BISMUTH 138
BLANCHIEMENT 60, 92
BLEUITE 15, 17
BLEZARD, MINE
Classée parmi les gisements de lisière... 128
Découverte de la 26
Fonte à la 210
Histoire de la 35
Profondeur des travaux 130
Proportion du nickel et du cuivre dans les minerais de la 117, 119
Rapport de G. H. Williams 16
Rendemrnt de la 248
BLEZARD, TP. DE 95, 130
BODENMAIS, SAXE 141
BONNE TERRE, MISS 153
BORAX 138
BORNITE (CUIVRE PANACHÉ) 113
BOUCHER, MINE DE 121
BOULARDERIE CENTRE, CTE VICTORIA, N.-E. 176

PAGE.
Bowell, tp. de 93
Boyd, J. D 174
Brèche 85
  Transformation en 138
Brown, W. Q 190
Browne David H.
  Analyse de la pentlandite 100
  Analyse de la polydimite 106
  Citation d'analyses de minerais de Sudbury par 119
  Citation d'un travail sur le nickel et l'acier par 246
  Critique d'Emmons par 142
  Cubanite trouvée par 114
  Procédé électrolytique de 239
  Séparation magnétique par 17, 114, 137
Bruce, A. H. N 171
Bruce, mines de dist. d'Algoma, Ont. 23, 215, 227
Brumell, H. P. H 161
Bucke, tp., dist. de Témiscamingue, Q.. 165
Bureau des mines, Ont 14, 15, 21
Burgess, N. township de 160
Burrows, A. G 167
Bush, E. Renshaw 18
Cable de fil de fer 245
Calcédoine 191
Calcite 138
Caldwell, T. B 171
Caldwell, W. C 172
Californie, Nickel en 156
Calumet, ile du, rivière Ottawa, Q... 164
Cambrien 56
Camden, N. J 30
Cameron, mine, tp. de Blezard, Ont. 36, 96, 128
Campbell, J. B 165
Campbell Creek, lac Kootenay, C.-A.. 173
Canadian Copper Co.
  Analyses de minerais grillés de 206
  Bessmer, production de mattes 210
  Capital de la 27
  Citation d'analyses par la 119
  Coupe schematique du nouveau fourneau Fin.
  Entrée dans l'International Nickel Co.. 30
  Matériel installé pour la production du Nickel 10
  Matériel, notes sur le, par le Dr Barlow 202, 203, 209, 214, 218, 220, 226
  Matériel, photographies du ..... Fin.
  Mines, exploitées d'abord pour le cuivre. 125
  Mines appartenant àl a, et exploitées par la 27, 28
  N° 2, mine, de la 200
  Promesse de vente de la North Star Mine 225
  Proportion de nickel et de cuivre dans les mines de la 117, 118
  Statistique de la 246
Canadien du Pacifique, chemin de fer 24, 50, 212
Canadienne, Cie électriqte générale.. 223
Cantons de l'est, Q 155, 159
Carroll, J 162
Carroll, mine, Cté de Charlotte, N.-B... 162

PAGE.
Cartes d'Ontario, renvoi aux. 5, 6, 9, 22, 49
Cascaden, tp., district d'Algoma, Ont.. 94
Cassitérite 113
Catlett, prof. Charles 11, 17, 106
Century Copper Mine 102
Cevia, Piemont, Italie 182
Chalcosine 113
Chalcopyrite.
  Norvège, associations minérales de la.. 180
  Sudbury, dt. de, analyse.....121,122,125, 127
    association avec la pyrrhotine.....9, 115, 116, 125
    description de la 99, 124, 127
    existence dans le 20, 36, 41
Chapman, R. H. G 171
Chatham Cobalt Mining Co 156, 185
Chatham, Conn., E.-U 185
Chicago, mine, *voir* Inez, mine.
Chili 157
Chine 240
Chine, argent de 240
Chloanthite 153, 168
Chromé, nickel 245
Chromite 191
Clarabelle, embranchement de.....51, 201
  " lac 56, 95
  " mines 28, 113, 128
Clark, prof. F. W 11, 105, 190
Clastiques, roches 55, 67, 77
Clydach, près de Swansea, Galles.45, 183, 225
Cobalt 118, 137, 247
  " fleur de 166, 167
  " mines de 126, 149, 150
Cochrane, mine 126, 149, 151
Cockle Bros 174
Coleman, A. P., citation de levés par. 16, 19, 21, 28, 64, 67, 87, 102
Collins, J. H 10
Colombie-Anglaise, nickel de la 157, 161
Colorado, E.-U 190
Combustible 205
Concessions 49
Conglomeré 66, 71
Connecticut, E.-U 156
Connor, M. F 127, 163
Construction, pierre de 83
Copper Cliff, mines.
  Action hydrochimique aux 140
  Analyses et essais de minerais des..117, 126, 143
  Brèche de 85
  Cartes des, et environs ..... Fin.
    " renvoi aux 7, 22
  Chantiers de grillage aux 201, 202
  Contact de la norite et du granite dans les 56
  Cuivre des, chalcopyrite 100
    " natif 114
    " proportion dans le minerais 117, 118
  Découverte des, émissions 27
  Emanations sulfureuses aux 204
  Expériences de Browne sur du minerai de 142
  Gossan des 130

PAGE.
COPPER CLIFF MINES—*Suite.*
Millérite aux..... 14, 105
Mines de la Cie des, sur la zone Principale..... 95
Nickel des, pourcentage..... 118
Norite de.....128, 130
Olivine, diabase à..... 98
Photographies de..... Fin.
Pierre de construction des..... 83
Platine dans la matte des..... 107
Position des 95
Profondeur des..... 131
Pyrite des..... 102
Rapport par M. Collins, 1887..... 10
Rendement des 29, 248
Séparation magnétique des minerais des..... 17, 142
Travaux aux.....26, 27
CORNWALL (ANGLETERRE)..... 156
COWEN, E. P..... 162
COWEN MINE, CTÉ DE PONTIAC, Q..... 164
CRAWFORD BAY, LAC KOOTENAY, C.-A.... 173
CREIGHTON, MINE.
Classée parmi les gisements de lisière.. 128
Différenciation magmatique à la..... 140
Gossan de la..... 130
Microline à la..... 90
Minerai de, verges de cuivre..... 115
Nickel, proportion dans les minerais.117, 119
Norite de la, caractère..... 5, 90
" raccordement avec le granit.....57, 96
Pentlandite de.....100, 115
Photographies de la..... Fin.
Puits principal de la..... 199
Pyrrhotine de la, analyses..... 126
Rapport sur la, par Murray, extraits.. 21
Rendement de la.....29, 248
Séparation magnétique des sulfures de la.....101, 145, 147
Sulfures de la.....28, 116
CREIGHTON TP.....7, 24, 62, 169
CRISTALLOGRAPHIE 20
CUBANITE..... 114
CUIVRE.....11, 22, 48, 116, 122
CUVELAGE..... 199
DAHLL BROS..... 181
DAILLEBOUST, SEIGNEURIE, CTÉ DE JOLIETTE, Q..... 160
DALHOUSIE, CTÉ DE LANARK, ONT.....170, 171
DALY, DR. REGINALD.....85, 130
DANA, PROF. ED. S..... 192
DARLINGTON, BAIE, LAC DES BOIS..... 169
DAVIS, MINE..... 39, 96
DAW, F. R. W.....117, 120
DEER CREEK, CLAYOQUOT, I. V..... 174
DEER RIVER, RIVIÈRE CHURCHILL, T.N.-O. 176
DENISON, TP.
Biotite, schists à, du..... 65
Conglomérés du..... 71
Minerais du, proportions du cuivre, cobalt et nickel dans les..... 121
Niccolite du 108
Norite, zone de.....68, 79
Pierre à bâtir du..... 83
Quartzite décomposée dans le..... 69
Traversé par la zone Principale du nickel 95

PAGE.
DIABASE, DYKES DE.....52, 140
DIALLAGE..... 17
DICKENSON, J..... 174
DICKSON, C. W.
Analyses et essais par.....101, 120, 124, 127
Citation de travaux par....20, 113, 150, 157
Description par.....102, 105
Séparations magnétiques par...115, 143, 149
DILL, TP..... 76
DILLENBURG, NASSAU, ALLEMAGNE..... 182
DILLER, JOS. S..... 155
DILLSBORO, CTÉ DE JACKSON, CAROLINE N 187
DIORITE 57, 58
PORPHYRITIQUE..... 62
DOBLE, CAP. CHS..... 185
DOBSCHAU, HONGRIE..... 182
DOELTER, C..... 123
DOLOMIES..... 138
DOMEYKITE..... 158
DOMINION, MINE.....86, 96, 117
DOMINION MINERAL CO.. ....34, 117, 120, 210
DOUGLAS, CTÉ, ORÉGON, E.-U.....189, 191
DOWLING, D. B..... 177
DOWLING, TP. DISTRICT D'ALGOMA.8, 80, 94, 170
DOWNIE CREEK, RIVIÈRE COLUMBIA, C.-A. 173
DRIFT..... 52
DRURY, TP.....72, 95, 121
DRURY NICKEL CO, *voir* TRILL MINING CO.
DUCKTOWN, TENN., E.-U..... 21
DUNITE..... 154
DYRHAUG, MINE, NORVÈGE..... 179
DYSCRASITE..... 168
EAGLESON, MR..... 109
EARDLEY, TP., CTÉ D'OTTAWA, Q..... 172
ECOSSE..... 156
EDISON, THOMAS A.....141, 152
EDWARDS, J. T..... 175
EGUILLES, PRÈS LYON, FRANCE 183
EISSENICKELKIES..... 14
ELECTROLYTIQUE, PROCÉDÉ.....235, 239
ELLS, DR. R. W.....161, 162
ELSIE JUNCTION..... 50
ELSIE, MINE.
Altitude de la colline près de la..... 50
Analyses de pyrrhotine de la..... 126
Cartes géographiques et photographies de la..... Fin.
Classification de la..... 128
Gossan de la..... 130
Histoire de la..... 41
Porphyrite à amphibole de la..... 61
Position de la..... 96
Proportion de nickel dans les minerais de la.....117, 118
Proportion de sulfure dans la roche de la 116
Pyrite à la 102
Séparation magnétique des minerais de la 145
EMMONS, DR. S. H....15, 17, 103, 104, 141, 142
EMMONS METAL CO..... 39
ENGINEERING CO., DE NEW-YORK..... 221
ENGLISH RIVER, DIST. DE LA RIVIÈRE À LA PLUIE, ONT..... 170
ENSTATITE..... 17
EPIDOTE..... 60
ERABLE..... 204
ERDINGTON, ANGLETERRE..... 183
ERTELIEN, MINE, NORVÈGE 165, 166

PAGE.
ERUPTIFS, GISEMENTS DE MINERAI..... 130
ERUPTIVES, ROCHES..... 55
ERYTHRITE.....166, 168
ESPEDALEN, GAUSDAL, NORVÈGE..... 179
EUROPE.....180, 185
EUTHYDEMOS 240
EVANS, MINE.
Analyses de minerai de la 117
Expériences sur du minerai de la...119, 143
Histoire de la.....26, 27
Isolés, massifs de norite dans la..... 128
Norite à et près de la... ..... 75, 96
Pentlandite dans la..... 115
Photographies de la..... Fin
Proportion de cuivre dans le minerai de la.....117, 118
Proportion de nickel dans le minerai de la..... 119
Séparation magnétique des minerais de la..... 17
EVJE, NORVÈGE..... 179
FAHLBANDS, NORVÈGE..... 135
FAIRBANK, CRREK, DIST. D'ALGOMA. ONT. 43
FAIRBANK, LAC..... 7
FALCONBRIDGE, TP.....52, 94
FELDSPATHIQUE, GRÈS.....66, 71
FER, PYRITE DE..... 160
FERRO-NICKEL 41, 183, 204
FEUX DE FORÊTS..... 49
FLAAD, MINE, EVJÉ., NORVÈGE..... 179
FLECHNER, R 194
FLUORITE..... 138
FOLGERITE.....15, 17
FORAGES POUR NICKEL, CTÉ DE CHARLOTTE 161
RÉGION DE SUDBURY 27, 34, 38, 42
FORBES, D 181
FOUDRE, COUPS DE..... 44
FOULON, BARON VON..... ....16, 87, 108
FOUQUÉ, F. A 139
FOURNET, J. J. B. X 132, 137
FOX, C. B..... 93
FRANCE..... 183
FRANKLIN, G. H 175
FRASCH, HANS Q.....40, 238
FROOD, MINE.
Hornblende œillée de la..... 63
Norite à la et près de la.....95, 128
Proportion de cuivre et de nickel dans la 119
Situation et travaux à la.....28, 96, 128, 201
FRONTIÈRES, BORNES..... 49
FUMEROLES, ACTION EN..... 130
FUSION, FOURNEAUX DE.....220, 225
GABBRO.....163, 178
DIORITE À..... 58
GALÈNE..... 112, 138
GALLES, PAYS DE..... 183
GALWAY, TP., CTÉ DE PETERBOROUGH, ONT. 169
GALVANISATION. 243
GAP, MINE, PENN., E.-U.
Expériences magnétiques sur du minerai de la..... 141
Fermeture de la.....155, 187
Histoire de la. Minerai de la..... 186
Procédé de raffinage à la..... 235
Pyrrhotine de la 16
GAP MINING CO..... 185

PAGE.
GARNIER, JULES.
Analyses de garnierite par.....193, 194
Citation d'un travail par, 1891 15
Découverte de la garnierite par... . .. 192
Travaux par, à Noumea..... 197
GARNIERITE.
Analyses de, de Noumea... .....193, 194
Fonte de, en Grande-Bretagne..... 183
Vogt, division par, en trois classes..... 153
Webster (C. N.), minerai semblable à la 187
GARSON, TP.
Hautes terres du, allant au tp. Denison, Algoma..... 50
Nickel, extraction dans le..... 39
Norite, bande de..... 95
Traversé par la zone Principale du nickel..... 95
GEITNER, DR..... 182
GEM MINE, CTÉ DE TREMONT, COL., E.-U... 153, 156, 190
GENTH, PROF. T. A..... 186, 192
GENTHITE.
Analyse de minerai analogue à la..... 159
Analyses de, de Webster, Penn..... 188
Classification de la..... 153
Dans les minerais de Témiscamingue.. 166
GÉOLOGIE.....7, 54, 99
GERSDORFFITE.
Analyse, découverte et caractère de la.109, 110
Association de la, avec la niccolite..... 108
Classification de la..... 153
De la mine McConnell..... 39
De Rosseland, C.-A..... 161
GERTRUDE, MINE.
Absence de cuivre dans le minerai de la 116
Altitude de la..... 50
Analyses de pyrrhotine de la..... 126
Classification de la..... 128
Emplacement des excavations de la.... 95
Massif de norite dans la..... 5
Rendement de matte par la..... 209
de minerai par la..... 248
Profondeur de la..... 130
Pyrite nicklifère de la..... 103
Séparation magnétique du minerai de . 144
Roches près de la..... 83
Travaux de la..... 41
GIRDWOOD, DR. G. P 25
GLAÇIATION..... 50
GLASENDORF, SILÉSIE, AUTRICHE..... 183
GNEISS..... 19
" GRANITOÏDE..... 81
GOLDSMIDT, PROF. VICTOR..... 20
GOODWIN, PROF. W. L..... 18
GOSSAN 130, 131, 154, 163, 164
GRADINS..... 131
GROF, ANTON..... 40
GRAZALTEN, MINE, NORVÈGE..... 179
GRAHAM, TP. DIST. D'ALGOMA, ONT.
Analyse de minerai de nickel du..... 170
Danaïte du..... 111
Hornblende œillée et schiste à biotite du 63
Norite du..... 73
Quartzite du 69
GRANDE-BRETAGNE..... 183
GRANITE.....6, 53, 54, 81, 86

PAGE.
Granophyre 92
Graphite 114
Grauwackes 67, 68
Great Lakes Copper Co 39
Grèce 185
Grenstones (diorites) 6, 57, 121
schistes dioritiques 57, 66
Grillage 202
du minérai, photographies .. Fin.
Grenatifere, Amphibole 65
Groupe mondial 138
Gruneau, Westphalie, Europe 12
Haanel, Dr Eugène 152
Habermehl, F 122, 130
Hadfield, R. A 246
Haggerty, William 176
Haileybury dist., Témiscamingue, Ont. .... é. 153, 165
Ham, tp., Cté de Wolfe, Q. 159
Harrington, Prof. B. J. 159
Haut-fourneau 27, 210, 211, 224
Havre, France 183, 197
Herdt, John 212
Heterogénite 168
Hillebrand, W. F 105
Hiram, Robinson, propriété 109
Historiques, notes 22, 49
Hixon, Hiram W 41
Hoefnner, Dr Carl 40, 338
Refining Co 40
Hoffmann, Dr G. C 26, 110, 122
Hongrie 153, 155
Howey, Dr W. H 24, 25
Hunt, Dr T. Sterry 24, 157, 161
Huronien 24
Inférieur 54
Supérieur 54, 57, 77, 161
Huronite 97
Hutton, tp 54
Hyman, tp 170
Ice River, dist. Kootanie orient., C.-A. 174
Idaho, E. U 156
Ignées irruptions, roches 134
Illecillewaet, dist., C.-A 172
Ilménite 61
Industrial Water Co., N.-Y 223
Inez, mine 37, 39
International Nickel Co.
Barlow, remerciements aux fonctionnaires 9
Echelle des cartes 8
Expériences d'acier-nickel 47
Formation des mines de l' 30
Gites de minerai de l' 128
Profondeur des mines de l' 131
International Nickel Mining Co, Chicago, E.-U 190
Irlande 157
Iridium 178
Iron Colt claim, creek du Trail, riv. Colombia, C.-A 173
Iserlohn, Westphalie, Prusse 197
Italie 182
Jackfish station 170
Jackson Cté., Caroline N., E.-U 187, 189
Jacobsen, F 175

PAGE.
James, O. S 167
Johnston, R. A. A.
Analyse de danaite 112
" gersdorffite 110
" lollingite 165
" minerais de Sudbury. 121, 169, 176
Chalcoscine examinée par 113
Description par, de gersdorffite 110
" pyrrhotine 163
Renvoi à analyse par, de polydynite 163
Josephine Cté., Orégon, E.-U 189
Josephinite 189
Judson, J. N 143, 150
Kay, G. F 152
Kelley Lake, dist. d'Algoma, Ont 73, 215
Kelsey, mine, Los Angeles, Cal 156
Kemp, prof. J. F 18, 133, 137 187
Kennedy lake, I. V 174
Kenrick, E. B. 112
Kiepenheuer, Dr 194
King Salomon, mine, Boundary creek dist., C.-A 173
Kirkintilloch, Ecosse 183
Kirkwood, mine 39, 96, 128
Klefva, mine, Smaland, Suède 179, 180
Klotz, O. J 8
Kogaluck River, baie d'Hudson 176
Koger, Karl 151
Kootenay-Columbia Proferty, Rossland, C.-A 173
Kragero, Norvège 181
Kruquot, I. V 174
Lac des Bois, région du Plateau de l'Intérieur, C.-A 173
Lady Macdonald, mine.
Classification de la 128
Découverte de la 27
Graphite de la 114
Situation de la 27
Traversée par la zone Principale du nickel 95
Lady Violet, mine.
Classification de la 128
Granite finement grenu près de la 84
Levés magnétiques à la 152
Norite et granite de contact à la 95
Travaux à la 34
Lake Hill, tp. de Denison, Algoma, Ont 61
Lake Superior 157
Lake Superior Power Co.
Barlow, remerciements aux fonctionnaires 9
Exploitation de la 40, 41
Levés magnétiques par la 152
Méthodes de fusion de la 204
Rendement de matte de la 209
Lancaster, Gap, Penn 153
Langer, Dr. Carl 42
Laspeyres, Ernest, Adolphe, Hugo 12
Laurentien 54
Laurentien, granit 76, 86
Laves, écoulements de 65
Lawson, Capt 9
Ledebur 243
"Le Nickel," compagnie 197

PAGE.
LeRoy, Osmond E. 9, 80
L'Etete, Cté de Charlotte, N.-B. 176
Levack, tp. 31, 95, 121, 126
Levack, zone de nickel de Levack.
Autres noms, contours 94
Relations de la norite et de la micropegmatite 129
Séparation magnétique du minerai de la 148
Travaux sur la 37, 38
Levat, David 16
Lillehamer, Norvège 194
Lindstrom, Ascel, Frederik 122
"Lisière," gisements de 128, 129
Littérature 9, 21
Little Stobie, mine.
Caractère de la norite de la 89
Classification de la 128
Exploitation de la 45
Granite près de la 84
Olivine dans la norite de la 99
Pyrrhotine de la 126, 127
Sur la zone Principale de la norite 95
Liversidge, prof. A. 192, 194
Locke, Donald .. 9, 109, 120, 127, 203, 206, 213 215, 220, 227, 729
Logan, Sir William E. 23
Logan Club, Ottawa, Ont. 13
Lollingite 165
Lombardie 130
Londonderry, Cté de King, N.-E. 161
Long Lake, dist. du Témiscamingue 165
Lorne, tp. 36, 121
Lots 49
Lumsden, tp. 94
Lutche creek, Cap-Breton 176
Lytton, Ashcroft div., C.-A. 174
McAllister, mine 27
McArthur, cap James 113, 208, 220, 221
McArthur Granulating Trough 211
McCharles, Lake, dist. d'Algoma .. 6, 55, 73
McConnell, Rinaldo 43
McConnell, mine.
Achat de la 43
Actinolite, diorite à et schiste de 76
Annabergite de la 111
Arseniure, minerai d' 153
Emplacement de la 27
Marcassite de la 104
Niccolite de la 108
Nickel, minéraux de, de la 39
MacDonell, mine, *voir* McConnell.
McGill, Université, Montréal 9
McGregor, tp., district de la baie du Tonnerre 159
McInnes, Wm 171
McKim, tp.
Altitude de la platière dans 51
Diorite et norite du 73
Gossan, bande de 130
Mines de Copper Cliff, dans le 27
Smaltite du 112
Traversé par la zone Principale de nickel 94
McLeish, J. 249, 253
McLeod, Alex 176
McNaughton, juge Andrew 24, 25

PAGE.
McOuat, William 172
McTighe, T. J. 141
McWittie, M 103
Maffett, R. R. 246
Magmas 133, 134, 140
Magmatique, différenciation 133, 140
Magnesium 244
Magnétique, Séparation 141
Trap 24
Magnetite 113, 124, 136, 152
Magnétomètre 151
Malaga, province, Espagne 183
Manchê, fourneau 32
Manitoulin and North Shore Ry. Co. .. 212
Marcassite 18
Marks, Thomas 170
Marler, W. L. 172
Martha, mine Silésie, Autriche 184
Masham, tp., Cté d'Ottawa, Q. 172
Massey Copper Mine 30
Matériel de guerre 244, 245
Mattawatchan, Cté de Renfrew, O. 170
Meany, L. 171
Melville, W. 189
Merritt, W. H. 12
Merry, A. 37
Michel Levy, Auguste 139
Michipicoten Ile, Lac Supérieur 158
Mickel G. R. 103, 125
Millérite.
Classification de la 153
Copper Cliff, mine de 14
Description et existences de 105
Gap Mine, Penn 187
Orford, mine de nickel de Cté de Sherbrooke 159
Mine La Motte, Mo. 153, 157, 194
Minéraux 99, 128
Mines section des, Commission Géologique, Ottawa 14, 169
Miniers, plans géologiques 7
Minières, méthodes 151, 195, 199, 202
Mission City Claims, district de Westminster, C.-A. 173
Mistassini, lac, Q. 172
Mitchener, mine 6, 76
Mohr, Dr. Bernhard 9
Molybdène, nickel à 245
Monashee mine, Cherry Creek, C.-A. .. 172
Mond nickel Company.
Analyse de mattes de la 118, 127
Construction d'une cheminée par la 207
Cours de grillage 202
Fonte de 227, 228
Hauts fourneaux, photographies .... Fin,
Historique de la 44, 47
Levés magnétiques par 151
Minerai grillé, méthode de manipulation 208
Minerai grillé, pas analysé par la 206
Profondeur des mines 131, 132
Proportion de nicksl et de cuivre dans les minéraux de 119
Raffinerie de la, Grande-Bretagne 183
Travaux d'exploration par 38

PAGE.
MONTE CRISTO CLAIM, TRAIL CREEK, COLUMBIA RIVER, C.-A. 173
MORENOSITE 110
MORGAN, TP 93
MOUNT NICKEL, MINE.
Analyse de pyrrhotines de 126
Classification de 128
Magnétique, séparation 144, 145
" relevé 151
Travaux de 39
MURRAY, ALEX 23, 157
MURRAY, MINE.
Amphibolique, porphyrite, de 62
Brèche de la 85
Classification de la 128
Cartes de ..... Fin.
Cuivre dans les minerais, proportion de 117
Découverte de la 25
Dyke de diabase près de 52
Echec de la 34
Gossan de la, profondeur de 129
Granite au S. E. de la 205
Hangars à grillage de 205
Magnétite de 113
Matte de, analyse 108, 216, 217
Marcassite de 18
Nickel dans les minerais de, proportion de 118
Nickelifère, éruptive de 16
Norite et schiste à l'embranchement de. 96
Olivine, diabase à, près de 98
Photographies de ..... Fin.
Quartz des mines de Bruce employé à.. 215
Relevés sur la 151
Rendement de 248
Selwyn, opinion sur la 25
Sulfures dans les roches de 116
Travaux d'exploitation 32
NAIRN, TP 121
NAKETY, N. G. S 194
NATIF, CUIVRE 114
NEELON, TP.
Diorite et norite de 72, 75
Proportion de nickel, cuivre de Cobalt dans le minerai du 121
Pyrrhotine de 72
Roches éruptives de 77
" intrusives de 56
NEVADA, E.-U 156
NEWCASTLE, N.G.S 197
NICCOLITE.
Analyse et description de 109
Baie du Tonnerre, dist. Ont 159
Classification de 153
Michipicoten, Ile, L. Supérieur 158
McConnell, mine 39
Témiscamingue, district, Ont 166, 167
NICKEL.
Analyses de 242
Découverte du, district d'Algoma 9
Emplois et statistiques du 243, 253
Extraction en Autriche 183
Grillage, fonte et raffinage 202, 230
Histoire du, dans le district de Sudbury 22-48
Rendement de, italien, espagnol et gallois 182, 183
PAGE.
Rendement de, de Nouvelle-Calédonie 190-198
" Norvégien 181
" Suédois 183
Silicates de 154
Sudbury et Nouvelle Caledonie, comparés 16
NICKELIFÈRE, ÉRUPTIVE 56, 86, 96
NICKEL, PIÈCES DE 240, 243
NICKEL COPPER CO., HAMILTON 40
NICKEL CORPORATION, LTD 30
NICKEL ET FER, SULFURE 115
NICKEL, MINERAIS.
Analyses du, *voir* analyses 157, 177
Canada 157, 177
Classification du, genèse du 153, 155
Etats-Unis 185, 191
Europe 182, 185
Nouvelle Calédonie 191, 199
Répartition du 155, 157
Scandinavie 177, 182
NICKEL-ACIER 244, 246
NICKEL, OYDE DE 154
NICKEL VITRIOL, *voir* MORÉNOSITE.
NIKELIFÈRE, PYRITE 18, 153
PYRRHOTINE 141, 143, 153
NICKELOIDE 244
NICKEL, ZONE SEPTENTRIONALE DU, DISTRICT D'ALGOMA.
Gisements de la 31
Limite et description 93
Pyrrhotine, analyse de la 127
" séparation magnétique de la 149
Roches de 17
NICOL WILLIAM 20, 167, 168
NORDENSTROM PROF. OLAF. G 152
NORITE 57, 55-57, 72-75, 84, 134
SCANDINAVIE 177
NORTH STAR, MINE.
Canadian Copper Co., promesse de vente sur la 225
Classification de la 128
Emploi du minerai de la 227
Norites, massif de 5
Position de la 96
Roches, près de 84
Travaux à la 45
NORVÈGE.
Allusion au minerai de la 18, 135, 137, 153
Matte de, comparée à celle de Sudbury 217
Nickel, extraction et production de. 177, 180, 230, 251
NOUMEA, NOUVELLE CALÉDONIE 197
NOUVELLE CALEDONIE.
Minerai de la, comparaison avec Pennsylvanie 189
Minerai de péridotite de la 154
" sulfure de la 153
" Nickel de la 191-199
Rendement 155, 156, 181, 198, 250, 251
NOUVEAU MEXIQUE, E.-U 156
NOUVELLE ZÉLANDE 157
NUSTRÖM, ERICK 151
OAK BAY, CTE DE CHARLOTTE, N.-B 161
OBSERVATOIRE, RAYSIDE TP., DIST. D'ALGOMA, ONT 8

PAGE.
O'Connor, Dan 110
Oeillée granite 61
Oeillée amphibolite 62
Ogilvie, W. M 9, 178
O'Hanley, Miss K 176
Olden tp., Cte de Frontenac, Ont 170
Olivine, diabase a 57, 96-99
Photographies de ..... Fin.
Onaping, dist. d'Algoma 8
Onaping, rivière 48
Ontario Smelting Works.
Dykes près des 98
Matte des, analyse 219
préparation des 218
Norite près des 95
Quartzite près de 69
Travaux aux 30, 210, 218
Open-cast, travaux d'exploitation 199
Or et extraction d' 114, 178, 217, 235
Oregon Nickel mine 189
Orford Copper Co.
Alcalin, sulfure, procédé au 233
Introduction dans l'International Nickel Co 30
Or et argent dans la matte de 118
Photographie des usines de fusion ..... Fin
Raffinerie de la 197, 233
Travaux de la 30, 210
Orford fourneau 218
Mine de nickel 159
Procédé de raffinage du Nickel 233
Tp. Cté de Sherbrooke, Q 160
Origine des gîtes de minerai 13, 14
Osmiridium 138
Osmium 166
Oural, montagnes de l', Russie 138
Pachpong (argent de Chine) 240
Palladium 118
Paris, T.M 120, 228
Paris, exposition 1889 183
Penfield, ppof, S. L 101, 104, 107
Pennsylvania Ry 46
Pennsylvanie 135
Pentlandite.
Analyse 100
Classification 153
Découverte 14
Description 17, 98
Nickel, sous forme de 150
Répartition 35, 115, 116
Séparation de, de la pyrrhotine 124 147
Peridotites 154, 189, 195
Peters, Dr Edward Dyer 12, 126
Petrographie.
Clastiques, roches 77
Diorite 59, 61
Granite œillé 82
finement grenu 82
Laurentien 76
Grauwacke 67, 68
Micropegmatite 91
Norite 87, 91
ancienne 72, 74
Quartzite 67, 71
Schistes amphiboliques 62, 63
Volcanique, brèche 78, 79

PAGE.
Pettit, F. W 173
Pic Island, L. Superieur 160
Pigeon lac, Rivière Montréal 159
Pimelite 182
Pin 205
Pinière, montagne de la, Orégon, E.-U. 189
Platine 107, 118, 138
Dans les minerais de Scandinavie 179, 218
Production annuelle de 228
Sperrylite, arsenic de 11
Pleistocène 54
Plomb, minerais de 155
Pneumatolyse 130
Polydimite 11, 13, 106, 153
Poisson Blanc, rêserve indienne du, dist. Algoma 6
Poisson Blang, lac du, dist. Algoma. 10, 73, 74
Poisson Blanc, rivière du, region sudbury 51
Porphyritique diorite 62
Porphyritique grauwacke 68
Porter, J. B 9, 145
Porter, H. E 175
Post-actions 139
Post-huronien 31, 99
Potton, tp., Cté de Brome, Q 172
Pompe, lac à la 84
Principale, zone de nickel 95, 96
Pulpe, moulins à, dist. d'Algoma 40
Pyrite 102, 103, 115, 124
Pyriteuse, fusion 220, 230
Pyrrhotine.
Analyses 80, 122, 126, 127, 161, 169, 175
Description 99, 122, 125
Calumet, île du, Q 164
Caroline N., E.-U. et Orégon 186, 187
Charlotte, Cté, N.-B. 161
Citations de travaux sur la 21
Espèces spéciales de Norvège 196
Magnétique, perméabilité de la 151
relevés pour la 150
Opinions sur la 25
Proportions de 138
Relations de la, et de la chalcopyrite. 116, 117
Pyrrhotine, norite à 136
Quartz creek, rivière au Saumon, C.-A. 173
Quartz, secondaire 138
Quartzites 66, 72
Queen Victoria, mine, C.-A 173
Rabbit, lac des, Témiscamingue 169
Ramsay lac, dist. Nipissing 71, 99
Raper, Alfred 175
Rayside, *voir* Azilda.
Tp. dist. d'Algoma 8
Raffineries 7
Raffinage 230, 240
Rejetons, gisements de 128, 129
Releves 49
Rewdinsk, Russie 156, 183
Rewdinskite 183
Riddles, Cté de Douglas, Oregon 153, 189
Ringerike, Norvège 179, 180
Riz, roche de 68
Robert, J. A 152
Rogers, ferme, *voir* mine Todd.

PAGE.
ROSSLAND, C.-A.
Analyse de minerai de nickel de 173
Comparaison de minerais de 21
Gersdorffite de 161
Pyrrhotine de 125
ROSS, MINE, ONT. 93, 121
RUSSEL, MINE 111
RUSSIE 183
SAFFLORITE 166
SAINT-DENIS, PRÈS PARIS, FRANCE 183
ST-STEPHEN, CTÉ DE CHARLOTTE, N.-B. 153, 156, 161, 163
SALTER, ALBERT P 23
SALTER, MERIDIEN DE 10, 23
SANDERSON, R 175
SARDAIGNE 185
SAULT STE-MARIE 40
SAVONA, DIST. DE YALE, C. A 173
SAXE 153, 155
SAXONITE 154
SCANDINAVIE, *voir aussi* NORVÈGE ET SUÈDE.
Minerais de nickel de 177, 182
production antérieure. 230, 231
actuelle... 251, 253
SCHEERER, THOMAS 101, 180
SCHEEBURG, SAXE 183
SCHREIBER, DIST. DE LA BAIE DU TONNERRE 169
SCORIE, NICKEL DE 212, 215, 225, 230
SEBASTOPOL, TP., CTE DE RENFREW 170
SECRET 231
SELLA BASSA, PIEMONT, ITALIE 182
SELWYN, DR A. R. C 25, 170
SENJEN, MINE, NORVÈGE 179
SEPTÊMES, PRÈS MARSEILLE, FRANCE 183
SERPENTINE 195
SHEPHERD, MINE 39
SHEPPARD, MINE, *voir* SHEPHERD.
SILICE 215
SILVER L. P 114, 118, 206, 213, 217
SIMON, LAC, DIST. D'ALGOMA 6, 73, 74
SJOSTEDT, E. A 204
SKILL, LAC, ALGOMA DIST 7
SMALTITE 112, 165, 168
SMETHWICK, PRÈS DE BIRMINGHAM, ANG. 42, 183
SMYTH, PROP. H. L 152
SNIDER TP 6, 24, 84, 95
SOCIÉTÉ MINIÈRE CALÉDONIENNE 30, 197
SOMERVILLE, CTE DE VICTORIA, ONT 169
SORET, J. L 132
SOUFFLE 211, 220
SOUFRE 243, 203, 208
SPERRY, FRANCIS L.
Analyse par 119, 206, 213
Chimiste de la Canadian Copper Co ... 107
Découverte de la sperrylite par 11, 107
Pentlandite dans les sulfures envoyés par 17
SPERRYLITE 11, 20, 107, 108
SPROULE, DIST. DE NIPISSING 170
STALACTITES 203
STATISTIQUE, NICKEL 10, 15
STOBIE, MINE.
Analyses de pyrrhotine de la 126
Conglomeré de la 71
Expérience sur le minerai de la 143
Halage des minerais 202

PAGE.
TOBIE MINE—*Suite.*
Historique de la 26, 28
Magnétique, séparation des minerais .. 17
" " de la pyrrhotine. 143, 145
" " du cuivre 118
Position de la 96, 128
Profondeur de la 131
Proportion de nickel dans la 119
Rapport sur la, 1887 10
Renvoi à la carte géologique 32
Statistique de 248
SUDBURY, RÉGION DE, ONT.
Causes des insuccès 46, 48
Géologie de la région 54, 99
Géologiques, cartes ..... Fin.
Littérature sur la région 9, 22
Métallurgie des minerais 202, 240
Méthodes d'extraction 199, 202
Minéralogie de la 99, 127
Origine des gisements de minerai ... 128, 141
Rendement de la 45
Statistique 246, 251
Traits physiques de la région 48, 51
SUÈDE 133, 151, 182
SUISSE 185
SULF-ARSÉNUIRE DE NICKEL 153
SULFURES, GISEMENTS DE 11, 129, 139
SULFURIQUE, GAZ, ACIDE 203
SULTANA, MINE 94
SURFACE, PARTICULARITÉS DE 48, 54
TEALL, PROF. J. J. H 19
TÉMISCAMINGUE, LAC 165
TÉMISCAMINGUE ET NORTHERN ONT RY ... 165
TERRES, CULTIVABLES 51
TERRENEUVE 157
TEXADA ILE, C.-A 174
THALEN-TIBERG MAGNÉTOMÈTRE 151
THOMPSON, ROBERT M 235
THOMPSON, FERME ST. STEPHEN, CTE DE CHARLOTTE, N. B 163
TIMAGAMI, DISTRICT 112
TODD, MINE, CTE DE CHARLOTTE, N.-B ... 163
TOTTEN, MINE 6, 76, 104
TOUGH ET STOBIE, PROPRIÉTÉ 145, 148
TOWNSHIPS, DIST. D'ALGOMA 49
TRENTON IRON CO., N. J 44
TRILL, TP 39, 78, 94
TRILL MINING CO 37, 210
TRILL, NICKEL MINING AND MANUFACTURING CO 37
TRILLABELLE, MINE 39, 94
TROUT LAC, DIST. D'ALGOMA 73
TUNGSTENE, NICKEL 245
TURNER, A. P 9, 205, 246
TURNER, J 175
TWELVEMILE LAC, CTE D'HALIBURTON 170
ULKE, TITUS.
Analyse par 217
Assertion par 118, 203
Electrolytique, Méthode par 239
Graphique par 235
UNION, MINE ; ANSE PENSHLL, BAIE NOTRE-DAME, TERRENEUVE 157
UPPER CANADA CO 23
VARALLO, PIEMONT, ITALIE 153, 178, 182
VARIATIONS DE LA BOUSSOLE 23, 24

PAGE.
VERMILLON, LAC, DIST. DE NIPISSING..... 169
VERMILLON, MINE.
Amphibolite grenatifère..... 65
Chalcocine de..... 113
Cuivre natif de..... 114
Or de..... 114
Renvoi aux études des minerais de.... 20
Sans raccordement avec le gîte principal de..... 129
Sperrylite et polydimite de....12, 14, 17, 106
VENTS, LAC DES, DIST. DE SUDBURY..... 94
ERUPTIVE DU..... 95
VERMILLON MINING CO..... 30
VICTORIA MINES.
Abondance relative de quartz secondaire aux..... 138
Aérien, tramway..... 202
Analyses.....126, 226
Cartes géologiques de..... Fin.
Classification de..... 128
Chantiers de grillage des..... 202
Combustible de..... 206
Emploi des minerais..... 207
Emplacement du puits principal.....95, 199
Haut-fourneau..... 226
Historique et extractions.....44, 48
Hydrochimiques agents à..... 140
Location du haut-fourneau à..... 210
Magnétique, séparation de la pyrrhotine.....145, 146, 147
Magnétiques relevés..... 151
Massif de norite dans les..... 57
Platine des..... 107
Porphyritique diorite des..... 62
Proportion et nickel et de cuivre des.116, 118
Photographies des..... Fin.
Rendement des..... 248
Sulfures des..... 115
VITRIOL..... 180
VIVIAN, H. H. & CO.
Achat par, de la mine Murray..... 32
Analyses par..... 118, 119
Alcalin, méthode du sulfure..... 231
Maladministration par..... 33
Remerciements à..... 9
Swansea, raffinerie de..... 183
VOGT, PROF. J. H. L.
Classification par.....130, 153
Différenciation magnétique..... 137
Métaux précieux dans les mattes de Norvège..... 217
Propagateur de la doctrine de l'origine ignée des gisements du Sudbury..... 132
Remarques par..... 177
Renvoi aux ouvrages de, sur les gisements de nickel de Scandinavie....18, 177
VOLCANIQUE, ACTIVITÉ..... 189
CENDRE..... 55

PAGE.
VOLCANIQUE, BRÊCHE DE VERRE..... 68
WADDELL, Dr. J..... 167
WAIT, F. G.
Analyse par.....102, 120, 164, 169, 177
Essais.....80, 164
WALKER, JAMES..... 175
WALKER, P. H..... 188
WALKER, T. L.
Analyses par.80, 92, 97, 102, 105, 108, 113, 217
Chimiste, mine Murray..... 14
Essais par..... 118, 119, 210
Renvoi au travail de, sur dist. Sudbury 19
" sur sulfures nickel et fer..... 115
Travaux sur pyrite nickelifère..... 17
" pentlandite..... 20
" sperrylite..... 17
WALLACE, MINES, DIST, D'ALGOMA.9, 23, 110, 157
WANAPITEI, DIST. NIPISSING, ONT.....8, 19, 55
" LAC.....49, 93, 121, 153
" RIVIÈRE..... 76
WATERS, TP..... 6, 69
WEBSTER, CTÉ DE JACKSON, CAROLINE N. 153, 186, 187
WELLS, H..... 11
WESTMEATH, CTÉ DE RENFREW, ONT..... 170
WETHERHILL, SÉPARATEUR.....146, 148
WHARTON, JOSEPH.....32, 186
WHARTONITE.....15, 17, 103
WHITE, JAMES..... 8
WHITSON, LAC..... 80
WILLIAMS, PROF. G. H.....16, 57, 78, 86, 91
WILLIMOTT, C. W..... 160
WINEBERG, E. A..... 194
WISSNER, TP.....53, 93, 126
WOLF, GEO. DE..... 175
WORTHINGTON MINE.
Actinolite diorite à, et schiste de..... 76
Arsenic et antimoine dans la..... 202
Cristaux de pyrrhotine de..... 125
Frontière occidentale du district de Sudbury..... 49
Histoire de la.....35, 39
Marcassite de la..... 104
Morenosite de la..... 111
Norite, bande de, à la..... 55
Pentlandite de.....14, 100, 115
cuivre à, de..... 118
Proportion de nickel dans le minerai de 119
Rendement de..... 36
Sans raccordement avec gite principal de..... 248
WRIGHT, E. V..... 171
ZANGHESOUR, RUSSIE..... 156
ZINCBLENDE..... 138
ZOÏZITE..... 60
ZUSENDORF, SILESIE, AUTRICHE..... 184

Mine Evans, Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

Ville de Copper Cliff, Ont.

Usine de fusion de l'Ouest, Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

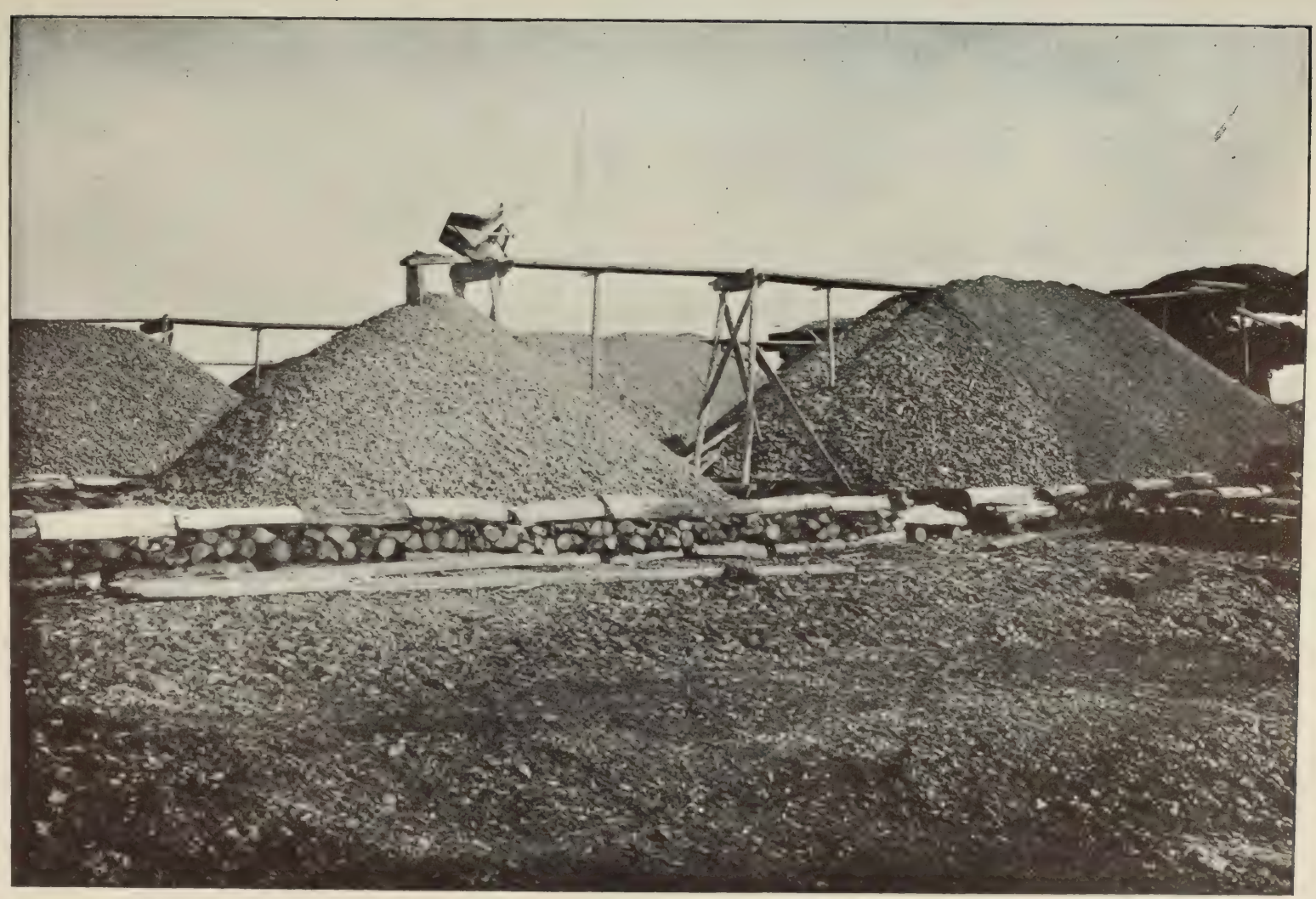
Ontario Smelting Works, Orford Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

Ces bâtiments ont été détruits par un incendie au printemps de 1904.

Mine No. 2, Usine de fusion de l'Ouest et chantier d'expédition de Matte, Canadian Copper Co., Copper Cliff, Ont.

Usine de fusion de l'Ouest de la Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

Cette vue orientée vers le N. E. a été prise des hauts tréteaux venant du chantier inférieur de grillage. On voit au premier plan les grands tas de scorie granulée.

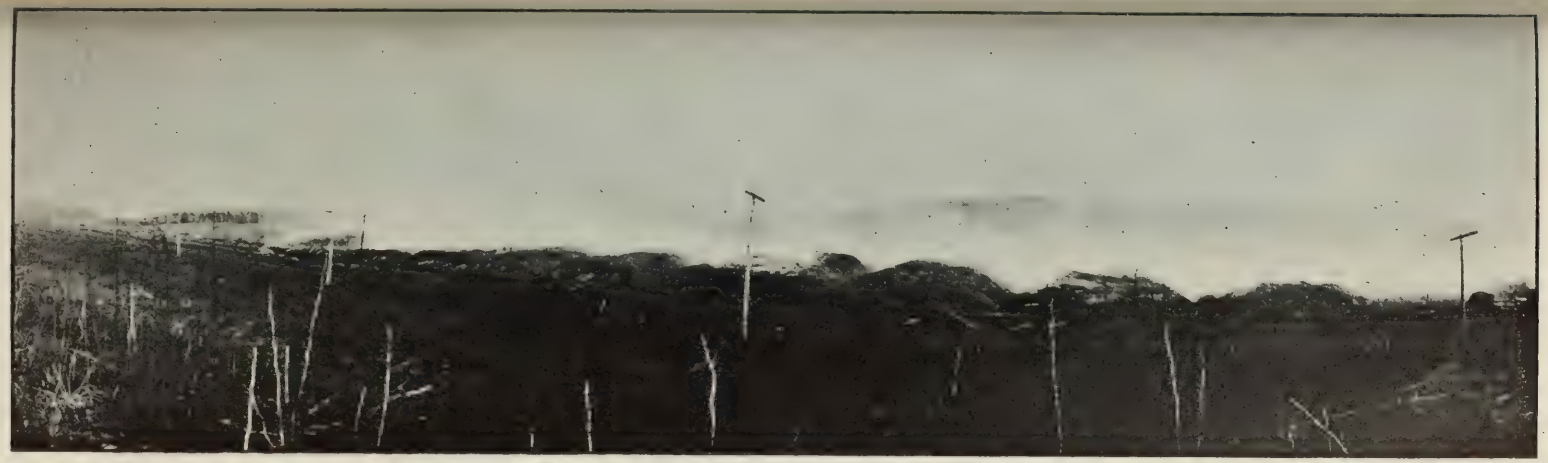


Chantier de grillage Copper Cliff, Ont.

Montrant les tréteaux temporaires et la méthode générale de construction des tas de grillage.

Chantier de grillage de la Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

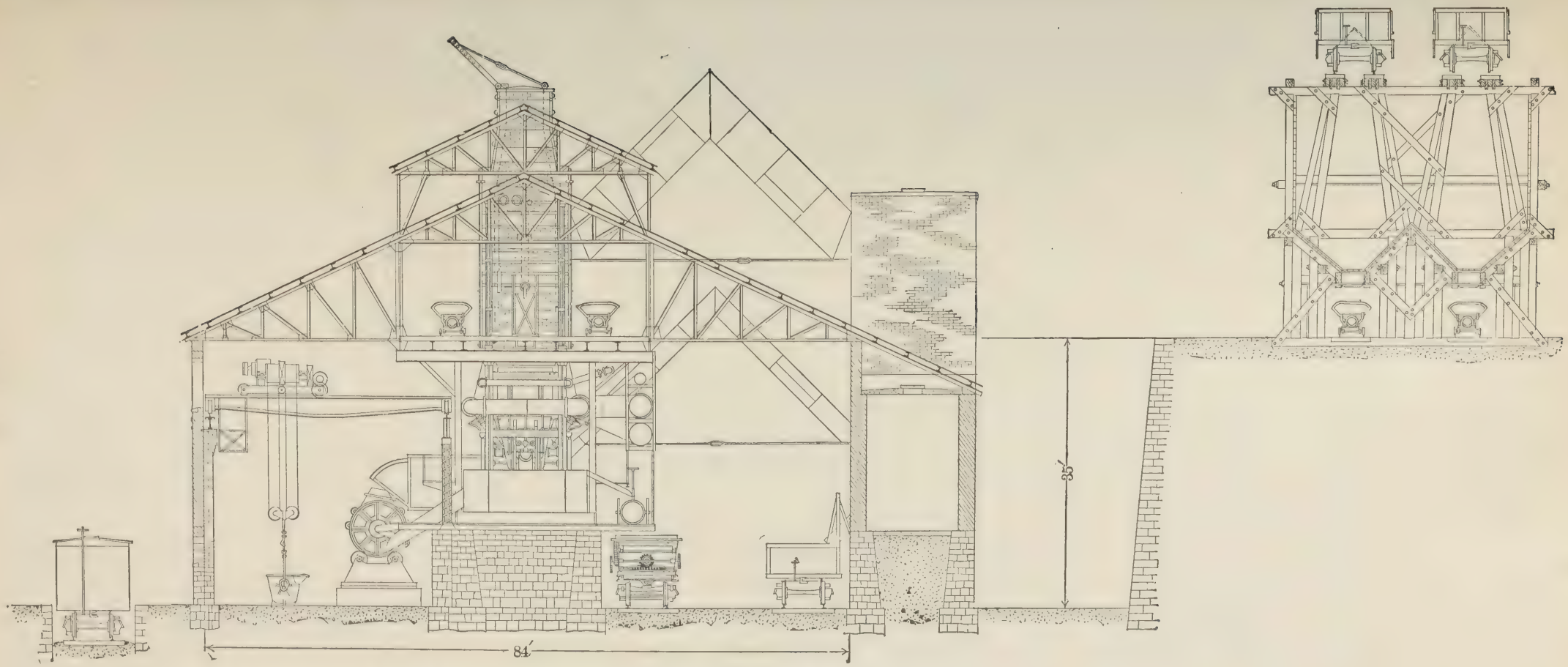
Au premier plan, le minerai est enlevé d'un tas qui est grillé ; le tas suivant montre le bois déjà en place pour recevoir le minerai et à l'arrière-plan on aperçoit ces mêmes tas de minerai à différentes phases de leur préparation pour le grillage. Dans le lointain quelques-uns des tas sont déjà allumés et il en sort une épaisse fumée ; à droite, le chemin de fer élevé qui longe tout le chantier.



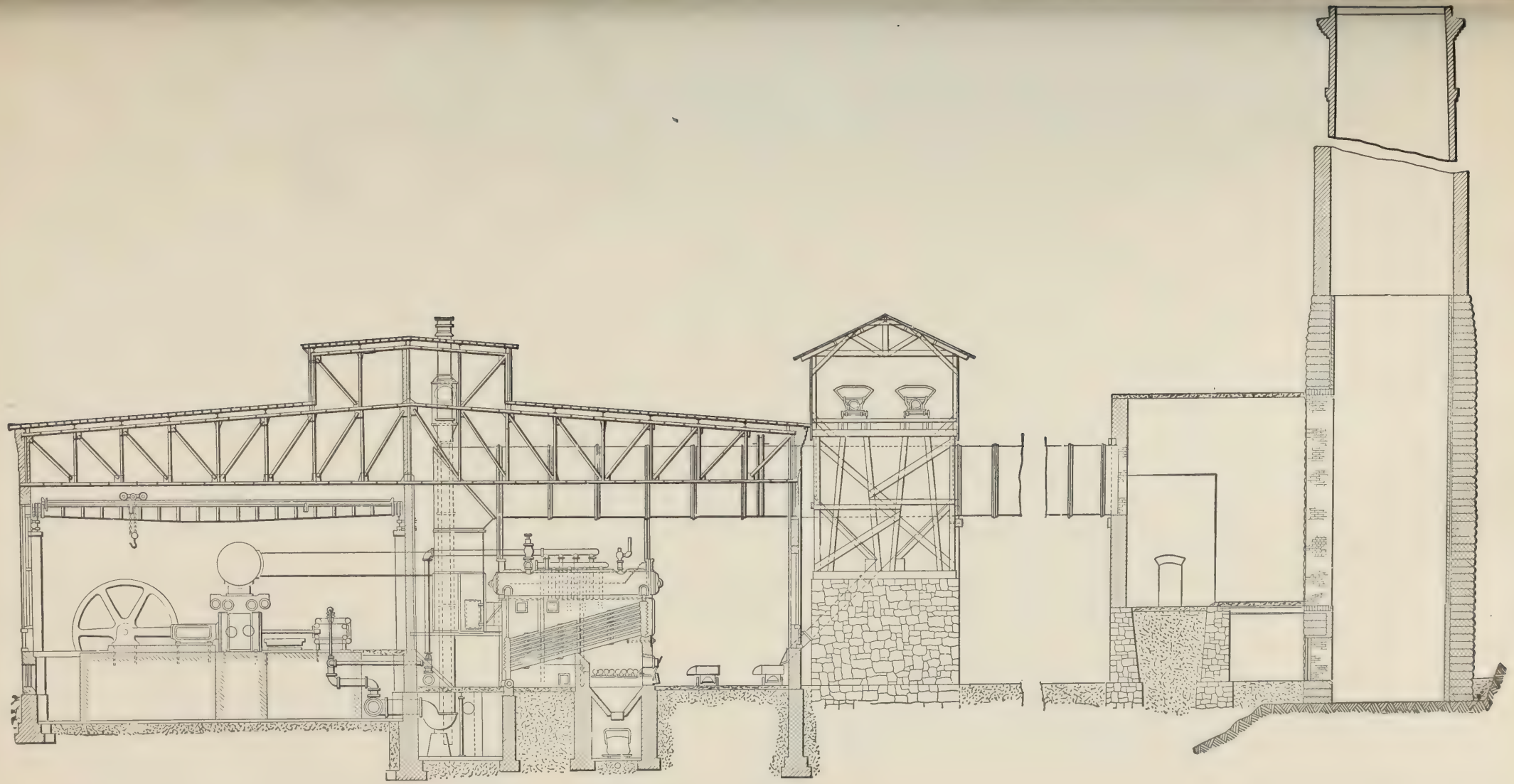
Grillage du minerai au chantier pringipal, Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

Mine Elsie, (Lake Superior Power Co.)

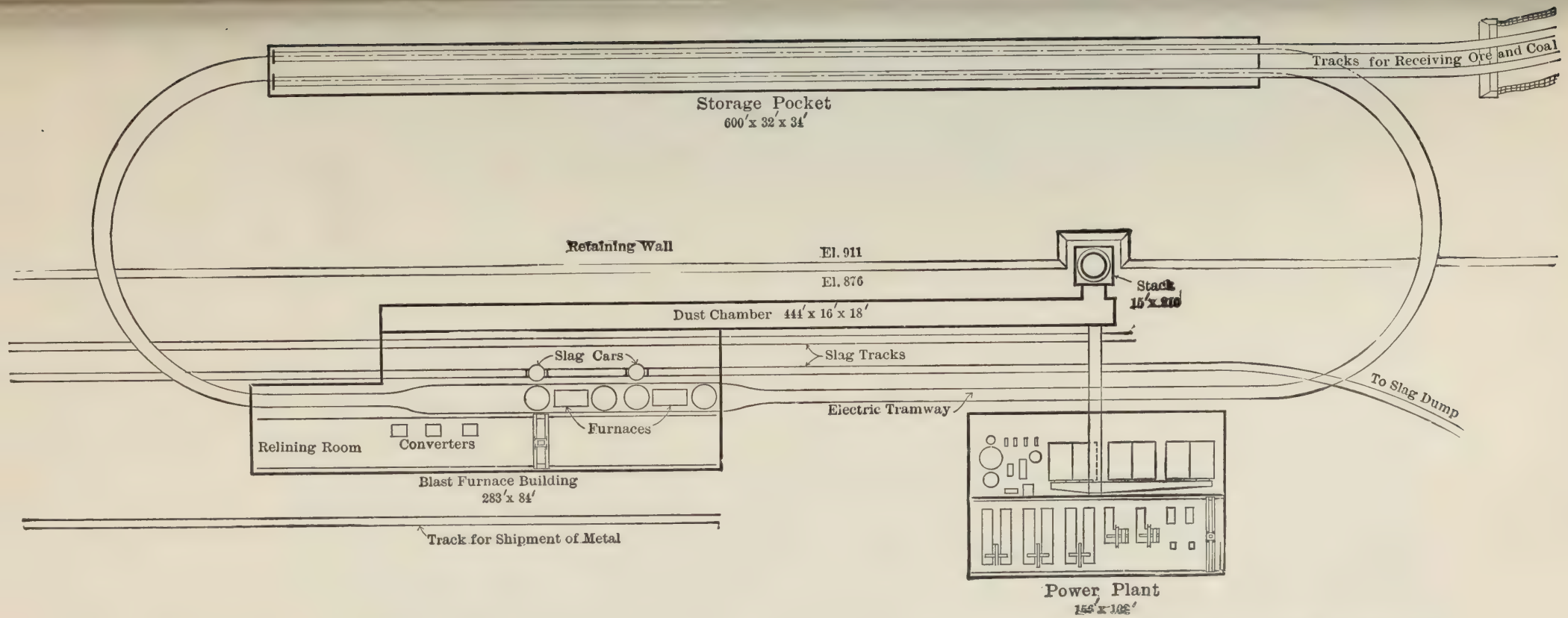
Intérieur de l'Usine de fusion, Mine Murray, Township de McKim.



Coupe de la nouvelle usine de fusion de la Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.



Coupe des ateliers à Copper Cliff.

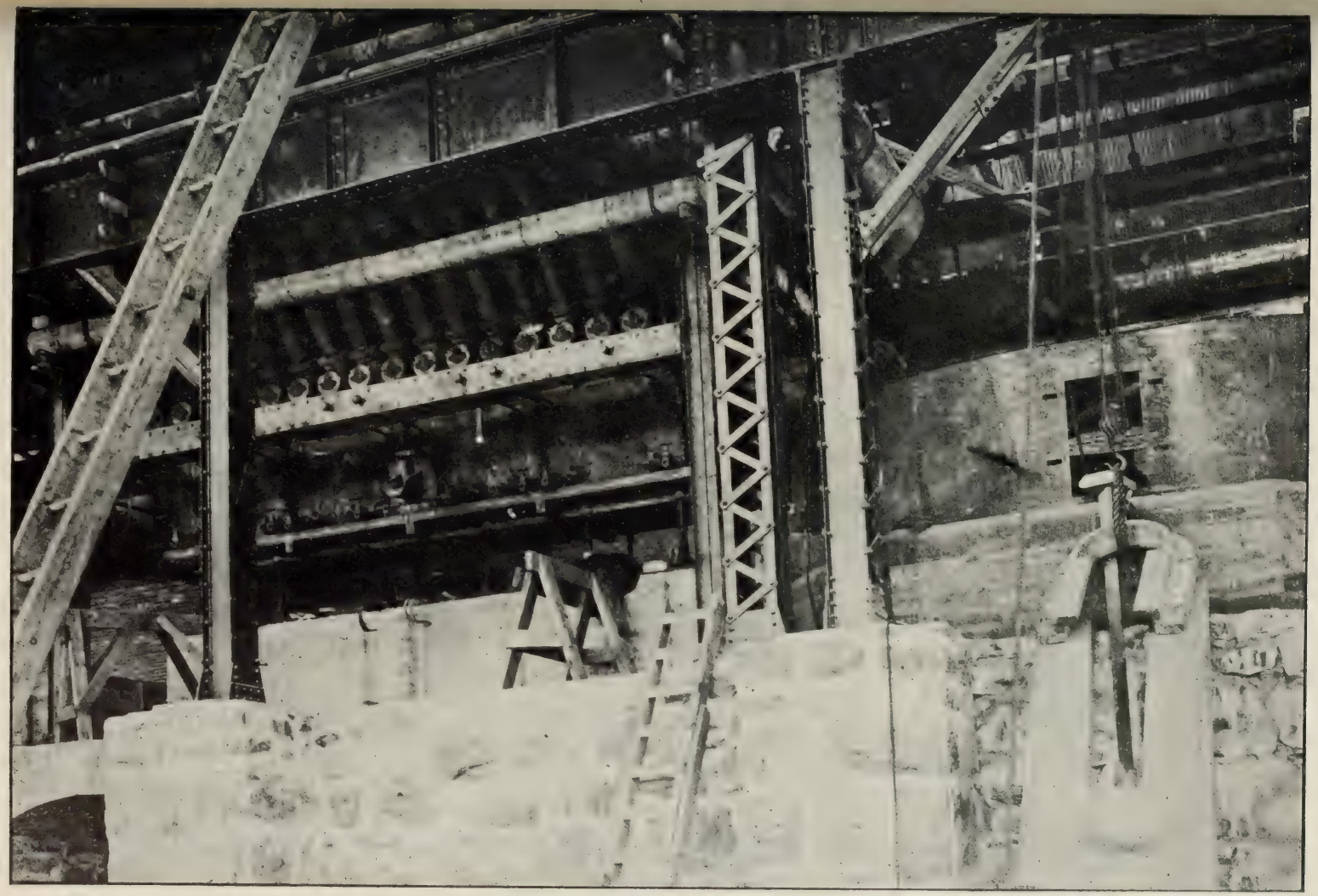


PLAN SUPERFICIEL DE LA NOUVELLE USINE DE FUSION ET DES ATELIERS RÉCEMMENT CONSTRUITS PAR LA CANADIAN COPPER CO., À COPPER CLIFF, ONT.

Blast furnace building—Bâtiment des hauts-fourneaux
Converters—Convertisseurs.
Dust chamber—Chambre aux fumées.
Electric tramway—Tramway électrique.
Furnaces—Hauts-fourneaux.
Power plant—Usine motrice.
Relining room—Chambre aux revêtements.
Retaining wall—Mur de soutènement.
Slag cars—Wagons à scories.
" track—Voie pour les scories.
" dump—Déversoir pour les scories.
Stack—Cheminée.
Track for shipment of metal—Voie de sortie du metal.
Track for receiving ore and coal—Voie de recette du minerai et du charbon.

La nouvelle usine de fusion de la Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

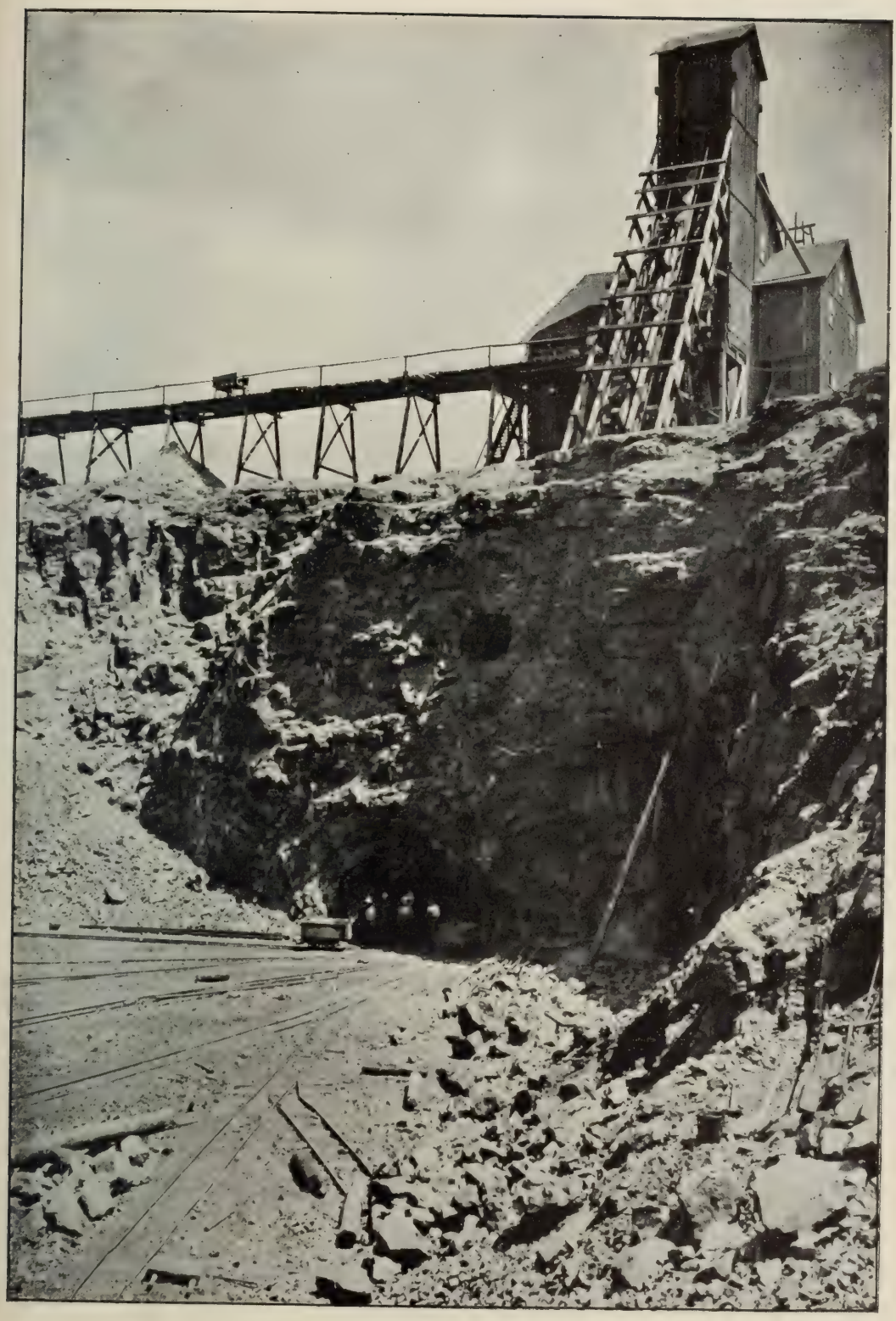
(Orientation N. O.)



Intérieur de l'usine de fusion en construction pour la Canadian Copper Co., à Copper Cliff, Ont.

Montrant la base de l'un des hauts-fourneaux avec l'avant-four partiellement achevé.

Chevalement et puits à ciel ouvert principal de la mine Creighton.



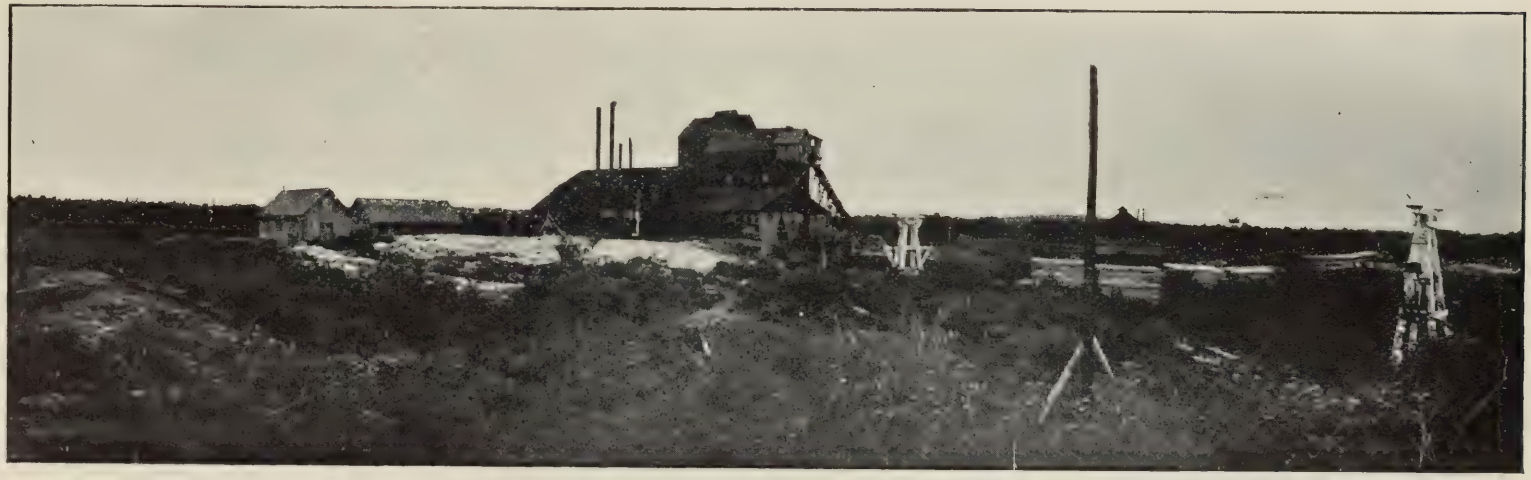
MINE CREIGHTON, CANADIAN COPPER CO.

Cette vue est prise du côté du puits principal faisant face au S.S.E. et indique la méthode de manutention du minerai.

Puits principal de la Mine Creighton, Canadian Copper Co.

Indiquant la façon d'extraire et d'enlever le minerai.

Les bureaux d'administration et l'usine de fusion de la Mond Nickel Co., pris de la Station des Mines Victoria.



Chevalement au dessus du puits principal aux Mines Victoria, Mond Nickel Co.

L'usine de fusion de la Mond Nickel Co., aux Mines Victoria.

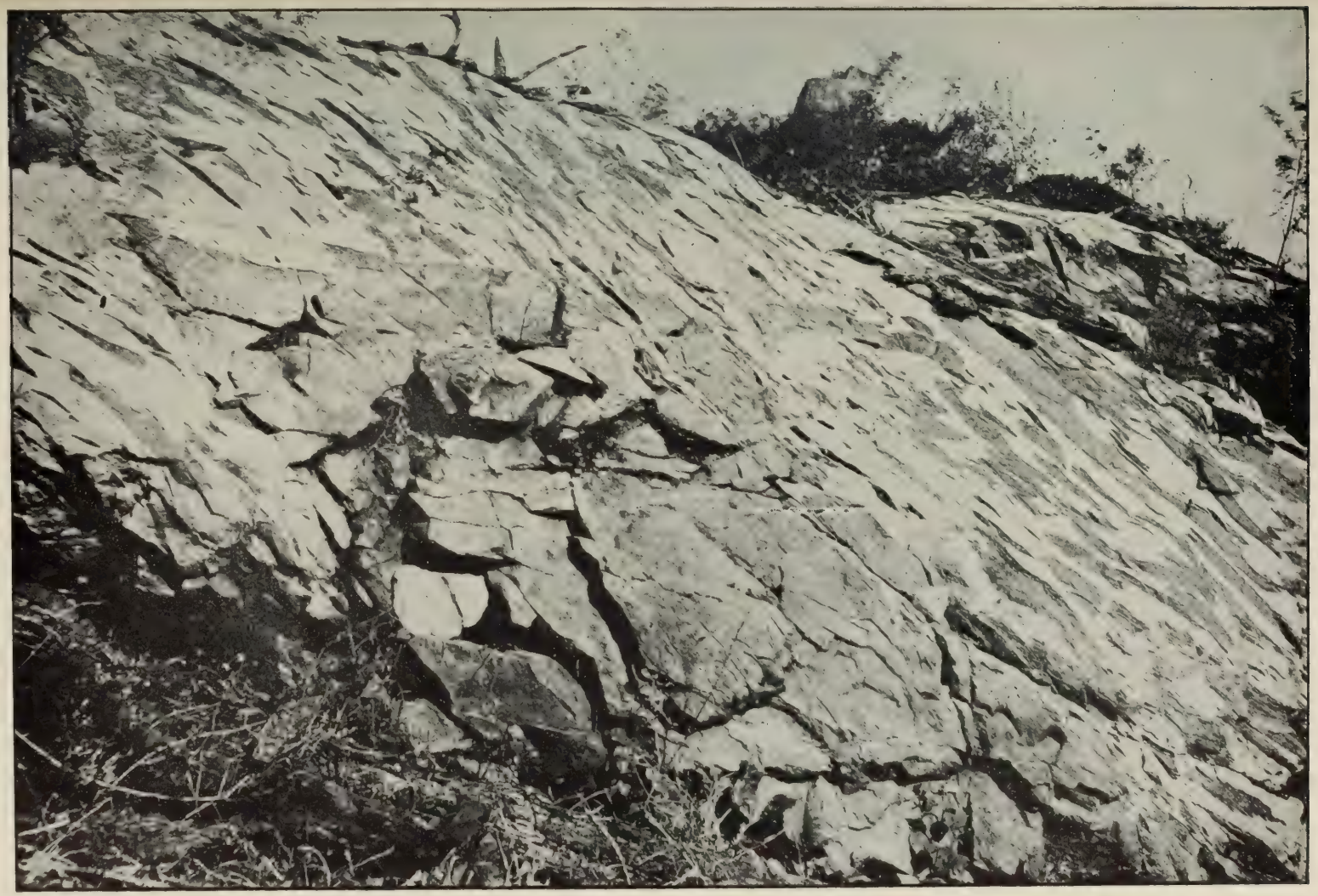
Tas de scories au premier plan.

Chantier de grillage aux Mines Victoria, Mond Nickel Co., montrant la méthode de construction des tas de grillage.

Chantier de grillage près des Mines Victoria, Mond Nickel Co.

Au premier plan, la cabane du pesage et dans le lointain, le chevalement sur le puits principal.

Brêche de granite et de schiste amphibolique en face de la maison de l'administrateur aux Mines Murray.



Brêche de granite et de schiste amphibolique.

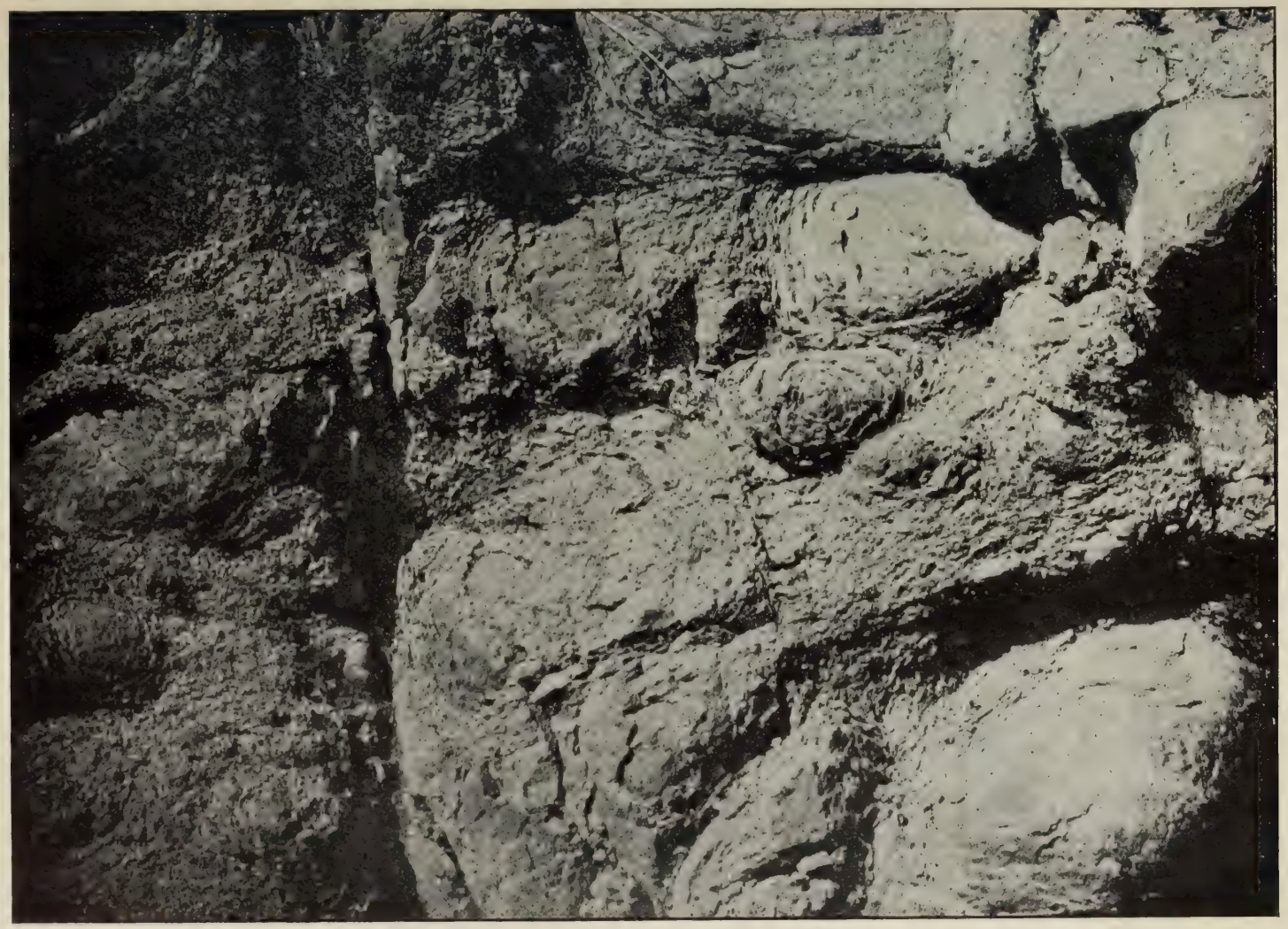
Un quart de mille à l'E. de la mine Murray, au nord du C. P. R.

Dyke de diabase à Olivine recoupant le gite de minerai à la mine Murray.

Montrant la structure basaltique en colonne.

Portion d'un dyke de diabase à Olivine.

Montrant des massifs caillouteux dus à l'action atmosphérique et à la désagrégation sphéroïdale.



Portion de dyke de diabase à Olivine.

La structure concrétionnaire et l'action atmosphérique sphéroïdale ici représentées caractérisent cette roche.

La Bibliothèque
Université d'Ottawa
Echéance

The Library
University of Ottawa
Date Due

22 SEP. 1992

33

a39003 010626496b

U D' / OF OTTAWA
COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 08 01 04 19 08 1